SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 879
DÉCEMBRE 1990

- Les autoradios au banc d'essai

DROGUE : LE PLAISIR QUI TUE

- Critique des livres scolaires

M 2578 - 879 - 20,00 F

145 FB - 6 FS - $can 3.75 - 550 Ptas - 550 Esc - 25 Dh - 2.750 Dt - 4800 L - USA NYC $ 4.25 - RCI : 1370 CFA - 940 CFP


BDDP
PRODUCT OF SCOTLAND
William Grant's
Family Reserve
FINEST SCOTCH WHISKY
70cl
ESTABLISHED 1887
40% vol
AN INDEPENDENT FAMILY COMPANY
— FOR FIVE GENERATIONS —
SACHEZ APPRÉCIER ET CONSOMMER AVEC MODÉRATION.
GRANT'S
LA TENTATION EST GRANDE.
FINEST SCOTCH WHISKY



Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
1 rue du Colonel Pierre-Avia - 75503 Paris Cedex 15
Tél. (1) 46 48 48 48 - FAX : (1) 46 48 48 67
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY, PAUL DUPUY

• **DIRECTION, ADMINISTRATION**
Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur général adjoint : FRANÇOIS FAHYS
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : PATRICIA BRAULT
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

• **RÉDACTION**
Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ
Chef des informations,
rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE
Assisté de MONIQUE VOGT
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT, NADINE RAGUET
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES MARSAULT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

• **ILLUSTRATION**
ANNE LÉVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• **DOCUMENTATION**
EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

• **CONCEPTION GRAPHIQUE**
TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• **MAQUETTE**
CHRISTINE VAN DAELE, LIONEL CROOSON

• **RELATIONS EXTÉRIEURES**
MICHÈLE HILLING
Assistée de : MARIE-LAURE GRATREAU

• **SERVICES COMMERCIAUX**
Abonnements : PATRICK SARRADEIL
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERAULT
Assisté de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• **CORRESPONDANTS**
New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Cliffide PK NJ 07010 USA
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent London W4, 1 HF
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205 2-14-1 Sakuragaoka Setagaya-Ku - Tokyo 156

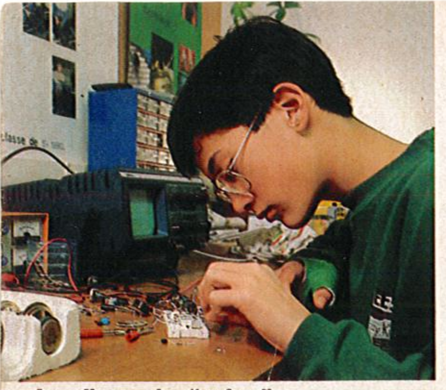
• **PUBLICITÉ**
EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 44 35 12 08
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Chef de publicité : FRÉDÉRIC PAPIN

• **À NOS LECTEURS**
Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

À NOS ABONNÉS
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,30 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.
LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS



BVP



Les livres de "techno", après ceux de maths, sont soumis ce mois-ci à un jury de spécialistes. Leur verdict n'est pas tendre. p. 128

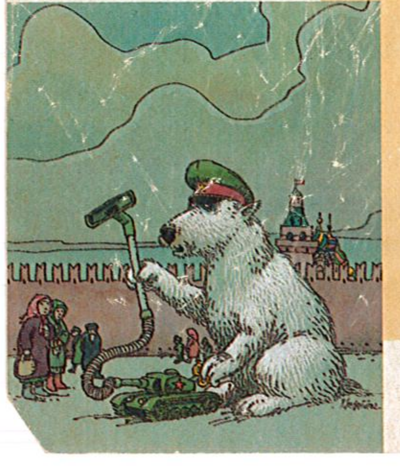
Le sacrifice des abeilles. Les ouvrières travaillent avec acharnement et vont jusqu'à donner leur vie pour défendre la ruche (ici contre une guêpe voleuse). Pour qui ce dévouement ? p. 72



S O M M A

Un zoom avec l'appareil photo conçu autour, pour profiter au mieux des qualités de l'optique. p. 143

L'URSS désarme... pour mieux s'armer. p. 110



SAVOIR

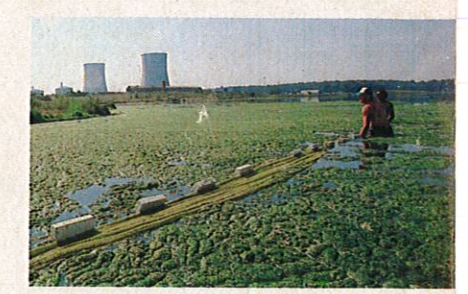
POUVOIR

Encart abonnement Science & Vie
Entre la 2e de couverture et la page 1
Diffusion : vente au numéro, France métropolitaine





Une force inconnue cachée dans les fils électriques ? Il y a 170 ans, Ampère avait peut-être répondu à cette question nouvelle. p. 38



Les algues ont envahi l'eau de refroidissement de la centrale de Cattenom, devenue "tropicale". Comment s'en débarrasser ? En les exploitant. p. 116

I R E



L'autoradio pilote. De plus en plus perfectionné, il ira bientôt jusqu'à vous indiquer comment vous rendre d'un point à un autre en Europe. p. 136

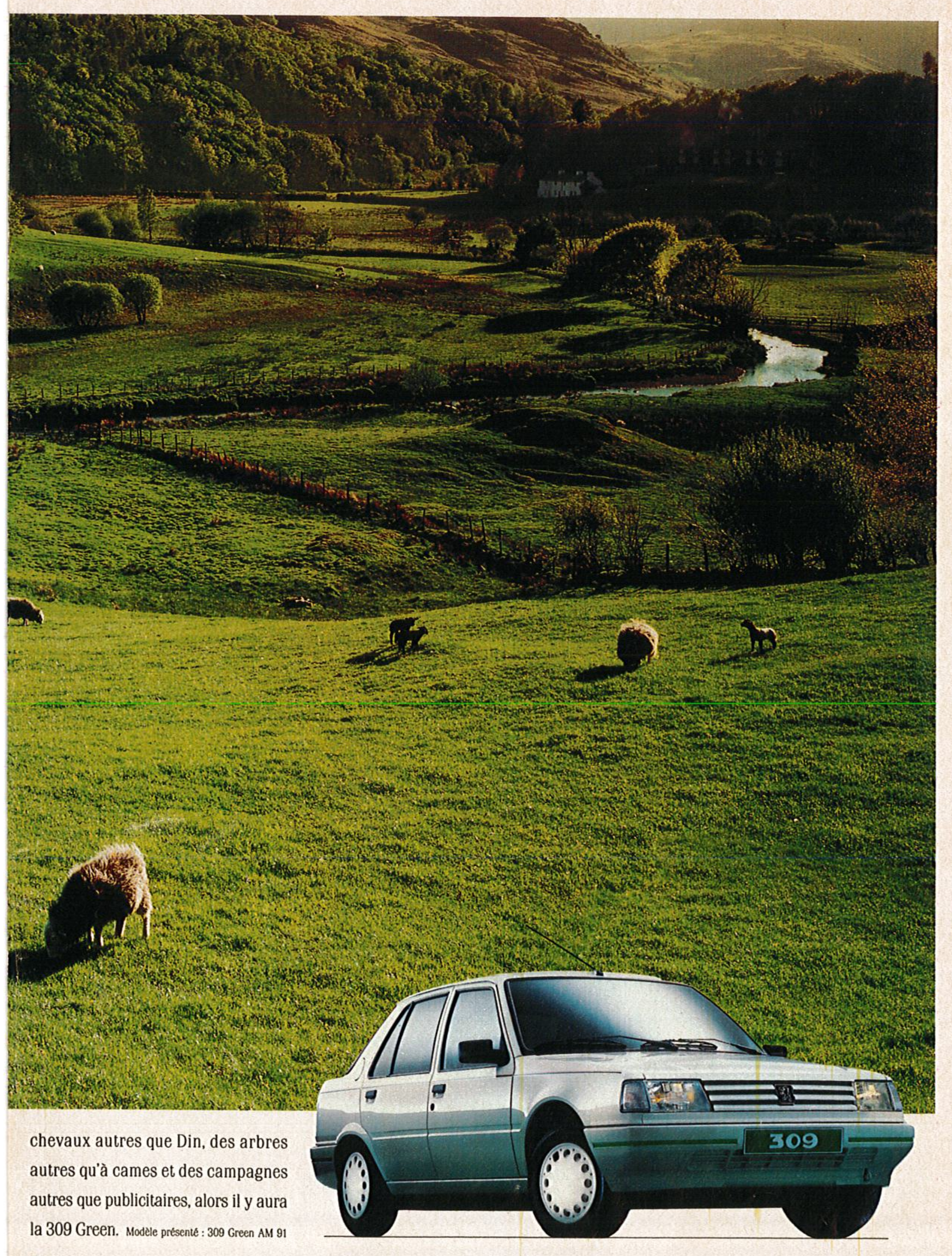
UTILISER



Les baleines de Méditerranée sont-elles des touristes, seulement de passage ? Viennent-elles pour hiverner, se reproduire ? Ou sont-elles sédentaires ? Pour le savoir, on les suit par satellite. p. 68



Couverture :
H. Sochurek/Cosmos - P. Bretagnolle



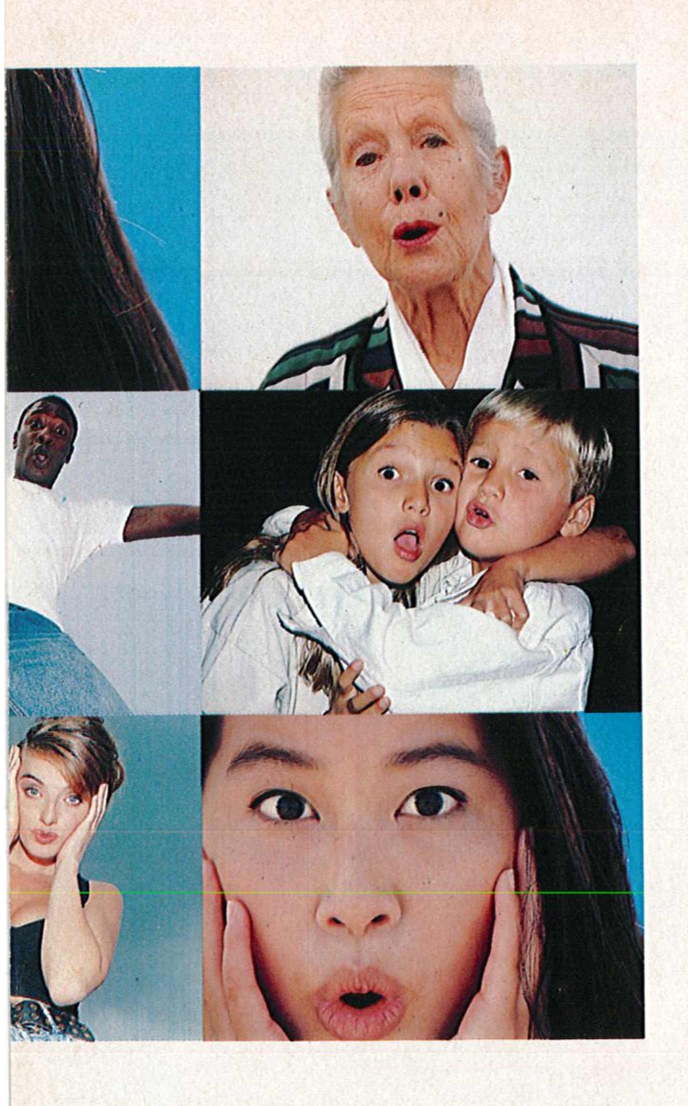
PEUGEOT 309 GREEN. TOUJOURS PARTANTE!



epoca

Optique 35-105/2,8 avec cadrage automatique
Autofocus avec détecteur de sujet principal
Flash «anti-yeux rouges» couvrant jusqu'à 105 mm
Prise en main type camescope
En option: télécommande et surimpression 5 messages

GREY



— Depuis que je l'ai acheté, invariablement les gens se jettent sur moi (ou plutôt: sur lui), et me demandent "Qu'est-ce que c'est? Je peux l'essayer?" Sa forme est tellement neuve qu'ils sont ahuris, estomaqués. Alors, moi, j'en profite: je les photographie juste à ce moment-là. Avec le 35-105, je suis sûr de les cadrer à la perfection, et grâce au système exclusif "anti-yeux rouges" du flash intégré, ils n'ont plus l'air de lapins égarés dans la nuit... Moralité: je suis content de mon appareil, et très, très content de mes photos.

—Les photos sont géniales, bien sûr... mais... Tu me le prêtes?

Canon

voir et émouvoir

Les courses. Avoir le Minitel



ou de bonnes jambes.



FORUM

Pollution et mercure dentaire : des informations importantes

M. D. B., de Genève, estime que la conclusion de l'encadré p. 115 de notre article sur les déchets, dans notre numéro 872, est erronée, car elle « *n'est pas en accord avec la littérature scientifique actuelle. Grâce à des appareils de mesure très sensibles (détecteurs de vapeurs de mercure "Jérôme"), on a largement démontré l'instabilité de ces alliages et leur réactivité chimique par ions échappés du réseau. Très peu après la pose des obturations (dentaires), on retrouve, en effet, le même mercure (marqué radioactivement, par exemple, dans une expérience récente sur des moutons) dans différents organes. Le Dr Huggins, aux Etats-Unis, a par ailleurs montré qu'un amalgame de 5 à 7 ans avait perdu en moyenne 50 % de son mercure d'origine. Dans une obturation de 20 ans, il ne restait plus que 5 % du mercure initial ! Sachant que le mercure est officiellement considéré comme un "déchet spécial" (ne devant pas polluer les autres déchets), la logique conduit à admettre que, pour les autorités dentaires responsables, le corps humain doit servir de poubelle spéciale.*

» *Etant aussi démontré qu'on retrouve, à l'autopsie, le mercure dentaire jusque dans le cerveau des porteurs d'amalgames, la question se pose de savoir si les cimetières peuvent être considérés comme des décharges fiables pour l'environnement. Sans parler de la question de savoir si ce mercure ne nous y conduit pas plus rapidement !*

» *Il existe aujourd'hui des composites de durée au moins égale en bouche (d'après des études comparatives) et sans mercure. Sans parler des futurs matériaux, tels que l'hydroxyapatite, étrangement très longs à apparaître sur le marché. Un dentiste m'a cependant confirmé que des expériences faites avec des obturations en hydroxyapatite avaient montré une telle biocompatibilité que des caries étaient même apparues sur ces obturations ! La recherche viserait maintenant à rendre cet émail inattaquable par les bactéries...* »

Nous remercions ce lecteur de nous apporter ces informations. On peut et l'on doit, en effet, s'interroger sur l'effet d'obturations traditionnelles sur le cerveau (ce serait bien plus utile que, par exemple, les innombrables travaux sur le café dont nous avons démontré la redondance et les contradictions), puisque, en effet, les ions mercure semblent donc passer la barrière cérébrale. Déjà, il y a quelques semaines, un médecin avait dénoncé la pollution de l'air par les vapeurs de mercure provenant des cadavres incinérés porteurs de plombages.

Tabac, prohibitions et santé

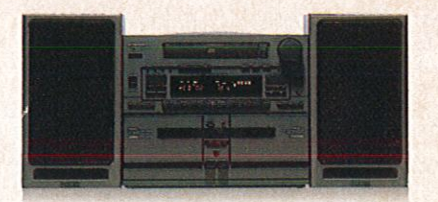
« ... *Appréciant nombre de vos articles pour leur objectivité et leur indépendance vis-à-vis des pouvoirs politiques, je me permets ici de vous adresser une critique au sujet de la publicité vantant les qualités des "Trois Gauloises vraiment brunes et vraiment légères", figurant en dernière page du n° 873 de juin 1990. En effet, au moment où le ministère de la Santé envisage de faire retirer toute publicité relative à l'alcool et au tabac des moyens d'information accessibles aux moins de 15 ans, du fait des toxicités respectives et reconnues de ces drogues légales, et cela avant l'échéance européenne de 1992, comment Science & Vie peut-il s'enorgueillir de faire un quelconque profit suivant de telles pratiques ?* » nous demande M. D. S., d'Hauteville Lompnes. La réponse est simple : il ne semble pas que nous nous soyons "enorgueillis". Il ne semble même pas du tout que nous ayons mentionné cette publicité, qui est ce que sont toutes les autres publicités en l'état actuel de la législation.

« *La journée mondiale sans tabac du jeudi 31 mai dernier, par certains articles de journaux, veut nous prémunir contre la mort de 150 millions d'enfants à cause du tabagisme, si les tendances actuelles se maintiennent.* » Nous ne souhaitons nullement encourager le tabagisme des enfants ; cela étant, et du strict point de vue épidémiologique, nous faisons toutes réserves sur ce chiffre.

« *Il ne s'agit pas, bien sûr,* poursuit notre correspondant, *de paraître naïf en voulant croire que tout un pan de l'économie mondiale pourrait tomber simplement parce que, un jour sur 365, certains fumeurs auront fait l'effort de ne pas se soumettre à leur drogue favorite. Lorsqu'un autre article, relevé dans le même journal quelque temps auparavant et dénonçant la mort de 3 millions de personnes par an, reconnaît que le marché mondial du tabac représente annuellement quelque 60 milliards de francs, il paraît, en effet, bien présomptueux de vouloir même seulement diminuer une pareille source de revenus dans nos pays industrialisés.* » Nous supposons que notre correspondant veut dire que de bonnes intentions ne suffiront pas à enrayer la consommation de tabac ; il est toutefois dans l'erreur : aux Etats-Unis, le mouvement d'opinion anti-tabac a réduit très sensiblement les taux

(suite du texte page 12)

Bonzaï de Pioneer.
Pourquoi *Bonzaï* et pas *Séquoia?*
Bonne question.



Chaîne Bonzaï

Un bonsaï est très petit: 30 cm. Un séquoia est très grand: 150 m. A l'ère de la miniaturisation, qui veut encore s'encombrer? Pas Pioneer en tout cas.

Riche en sève, la Bonzaï est une très grande chaîne à la taille très réduite, aux formes pures avec des lignes tendues, revêtues de gris, où aucun détail ne trahit l'ensemble. Jusqu'aux poignées discrètement intégrées.

Elle est petite, mais elle a du répondant: programmation, platine laser à double convertisseur 16 bits, tuner à 24 présélections, recherche automatique des stations, platine double cassette autoreverse avec dolby B.

La Bonzaï a d'extrêmes raffinements. Elle est capable de diminuer progressivement le niveau d'enregistrement en fin de bande, pour remonter doucement sur l'autre face. Elle dispose même d'un système de réveil ou de sommeil musical, au choix. Les miniaturistes de Pioneer l'ont vraiment bien taillée à vos mesures: 2 x 25 watts, plus un booster de basses, plus une télécommande infrarouge pour piloter la petite merveille. D'autres questions?



On n'a jamais approché d'aussi près la musique.

de fumeurs (près de 30 % en 7 ans), alors que la publicité du tabac n'est pas interdite. Nous souhaiterions par ailleurs tempérer un certain radicalisme en matière d'interdictions, en nous fondant sur l'exemple de la Prohibition américaine (1919-1933), qui fut un échec notoire et qui entraîna un renforcement durable de la criminalité, du fait du développement des ventes d'alcool clandestines. Ce fut cet échec qui amena le Congrès à l'abolir. En tout état de cause, nous consacrons dès ce numéro (p. 24) une série d'articles à la consommation des drogues, licites ou illicites, et aux problèmes psychologiques et culturels autant qu'économiques et médicaux qui y sont liés.

Nitrites : nocifs ou pas ?

M. J. L., de Bruxelles, s'étonne : « *Dans Science & Vie, que je lis chaque mois de la première à la dernière page, on continue à dire que les nitrites sont nocifs.* »

Et il cite, en regard, une note du livre *les Grandes Inventions du monde moderne*, de notre collaborateur Gerald Messadié, dans lequel il est dit que les nitrites ont été "innocentés". « *C'est un sujet qui intéresse des millions de personnes, étant donné le grand nombre de consommateurs de charcuterie.* » Les nitrites utilisés en alimentation sont les sels de l'acide nitreux ; ce sont des nitrites de sodium, mélangés avec du chlorure de sodium. C'est grâce à eux qu'il est possible d'avoir des conserves sans risque de botulisme, parce qu'ils inhibent la croissance bactérienne. On les a accusés d'être indirectement cancérigènes, parce qu'on a supposé qu'ils peuvent produire dans le tube digestif des nitrosamines, cancérigènes prouvés, qui se forment lorsque des oxydes azotés se trouvent en présence d'amines, abondants dans le tube digestif. La formation de ces oxydes, par décomposition des nitrites, est mal connue et même contestée.

Le traité "Toxicologie et sécurité des aliments" ([1]) fournit à cet égard deux indications : la première est que la synthèse de nitrosamines dans le corps humain, essentiellement l'estomac, est très lente et l'on doute même qu'elle puisse se faire ; la seconde est que les nitrosamines retrouvées dans les aliments conservés par des nitrites n'y étaient présentes qu'à l'état de traces. Or, toute l'importance de la question réside dans la notion de traces. Si celles-ci sont infimes, elles sont négligeables.

Des études américaines sur l'animal, remontant à 1988, n'ont pas confirmé les soupçons d'influence cancérigène par synthèse de nitrosamines qui avaient pesé sur les nitrites utilisés dans la conservation alimentaire (sans que cela remette toutefois en question la toxicité des nitrosamines à certaines doses, dont la cancérogénicité, elle, n'est pas discutée).

Il semble que ces soupçons aient été inspirés par le fait que les taux de cancers du tube digestif étaient plus élevés chez les grands consommateurs de viande conservée ; on en a déduit que ces cancers étaient dus au fait que les nitrites se transformaient dans le tube digestif en nitrosamines ; d'autres études ont indiqué que ces taux étaient, sinon causés par, du moins en corrélation avec une consommation insuffisante de fibres végétales. On aborde ici au domaine de la diététique. L'inconvénient spécifique des nitrites serait diététique, étant donné le risque de surcharge en sel qu'ils peuvent faire peser sur le consommateur.

On suppose que les nitrites peuvent procéder des nitrates provenant des engrais infiltrés dans les eaux de boisson ; théoriquement, cette transformation ne peut s'effectuer qu'à température très élevée (1200 °C) ; ce ne sont pas seulement des nitrites de sodium, mais aussi de calcium, de magnésium, de potassium, qui peuvent également produire des nitrosamines. On ignore de plus les effets spécifiques des diverses nitrosamines qui en découleraient (il y en a un grand nombre, et elles sont divisées en trois groupes).

Tout autre est la toxicité des nitrates et nitrites dans l'eau de boisson au-delà d'un certain seuil. Ainsi, il semble que les nitrates eux-mêmes deviennent toxiques à partir d'une certaine concentration, comme le rappelle *l'Etat de l'environnement* (La Documentation française, 1989). Outre que les risques éventuels de formation de nitrosamines seraient dangereusement accrus à l'évidence, ces nitrates peuvent, comme on le sait depuis 1945, provoquer une maladie grave, mortelle pour le nourrisson, la méthémoglobinémie, par transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, incapable de fixer l'oxygène. Les nitrites, eux, peuvent déclencher de fausses allergies alimentaires et ils détruisent les vitamines A et quelques-unes du groupe B.

En conclusion, on peut dire à notre correspondant que la consommation normale de charcuterie, dans un régime équilibré, ne pose pas de problème particulier du fait de la présence de nitrites dans ces aliments.

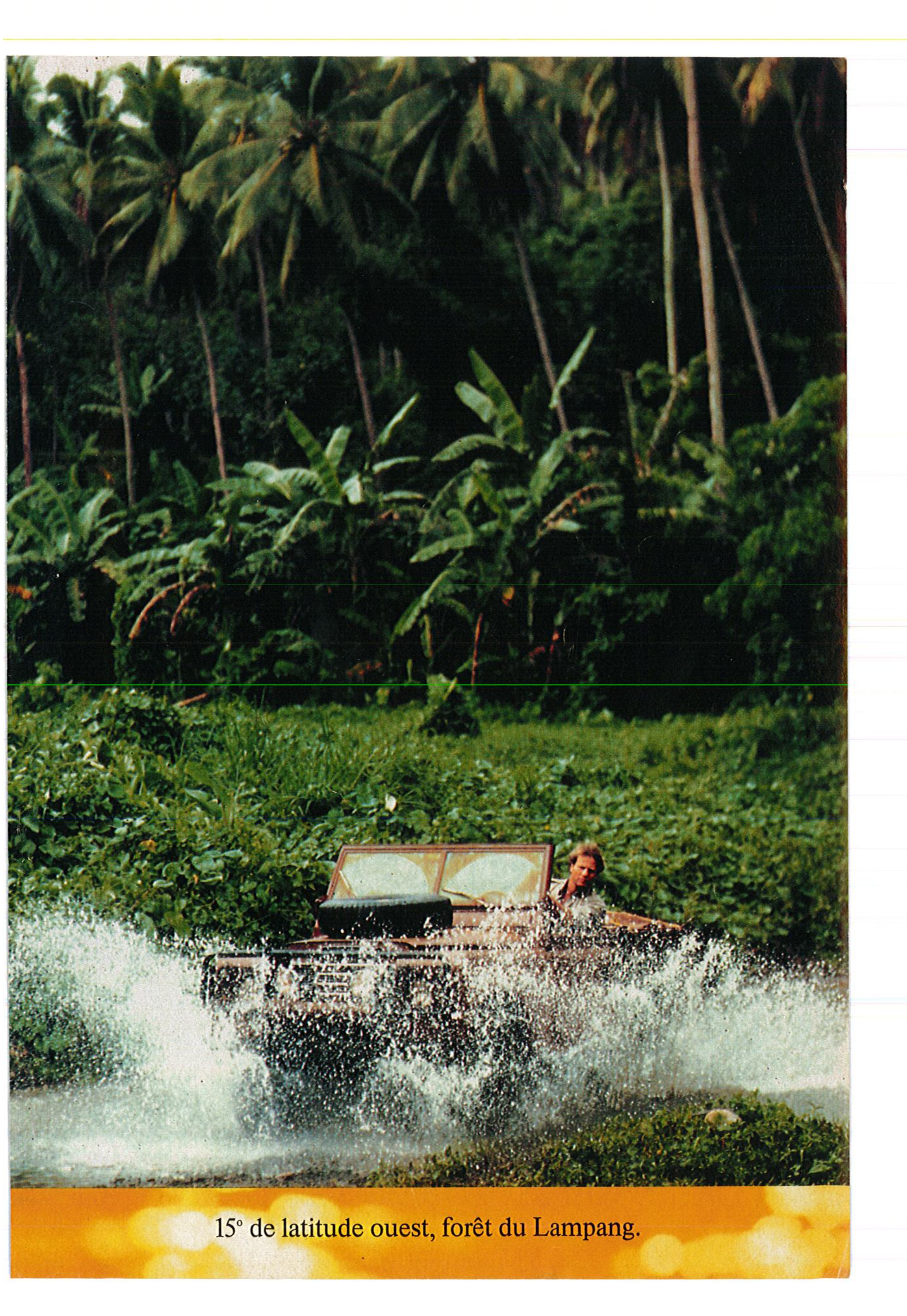
(1) *Technique et documentation Lavoisier*, Paris, 1986.

Galilée et la foi

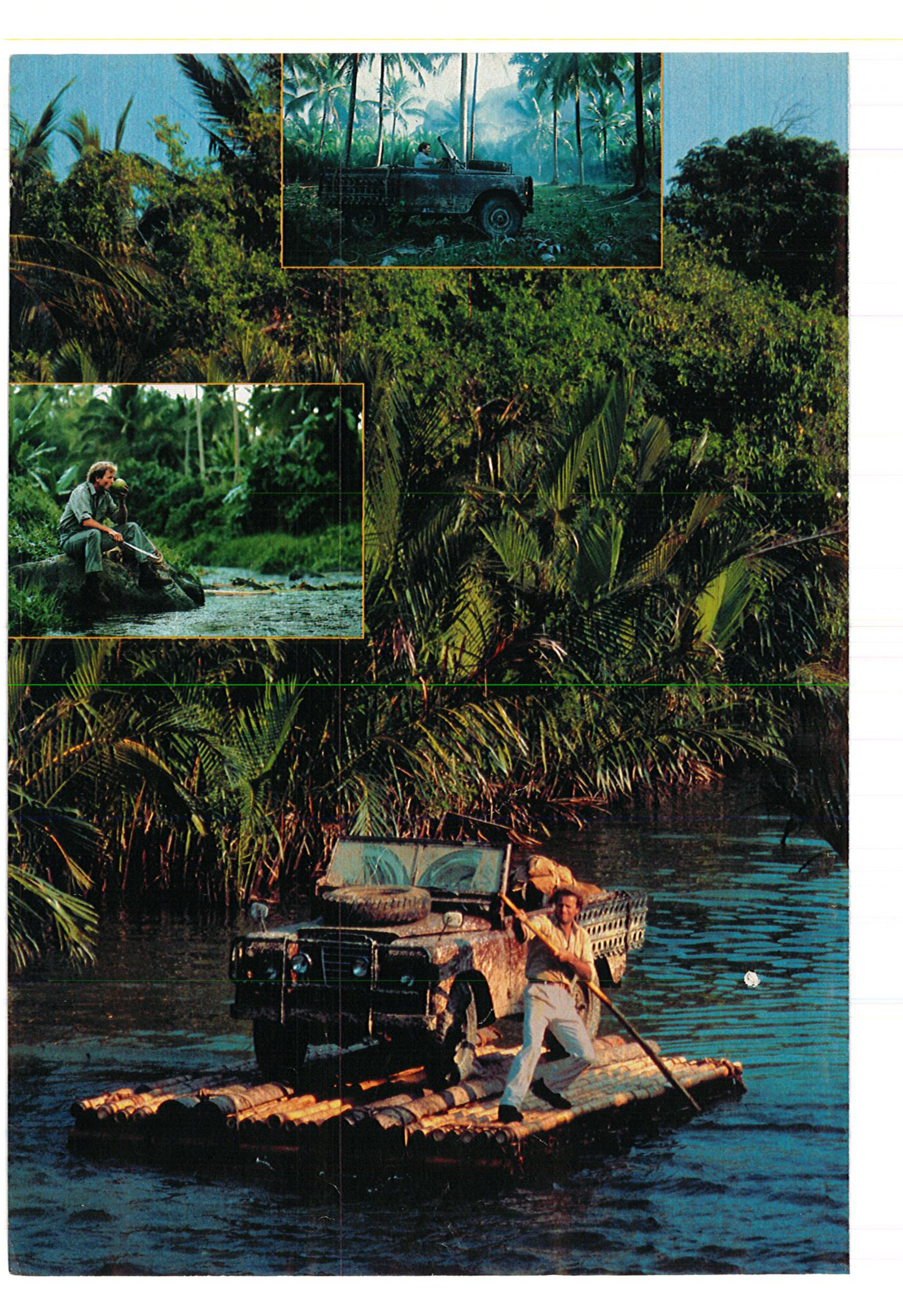
M. J. M., de Toulouse, nous sait gré de « *remettre les pendules à l'heure* », ce dont nous le remercions, mais témoigne sa désapprobation du rappel que nous avions fait de l'affaire Galilée dans notre rubrique des livres du n° 876. Il rejette ainsi comme fausse notre assertion selon laquelle, jusqu'à la Renaissance, l'Eglise enseignait ce qu'il fallait croire en matière de science. Il évoque, à titre d'objection, « *le calendrier grégorien, qui ne put être calculé que grâce à des connaissances précises en astronomie. Il fut promulgué dans les pays catholiques en 1582, tandis que l'Angleterre protestante ne l'adoptait qu'en 1752, par haine du catholicisme, et les Russes en 1918, pour la même raison. Où est l'obscurantisme ?* »

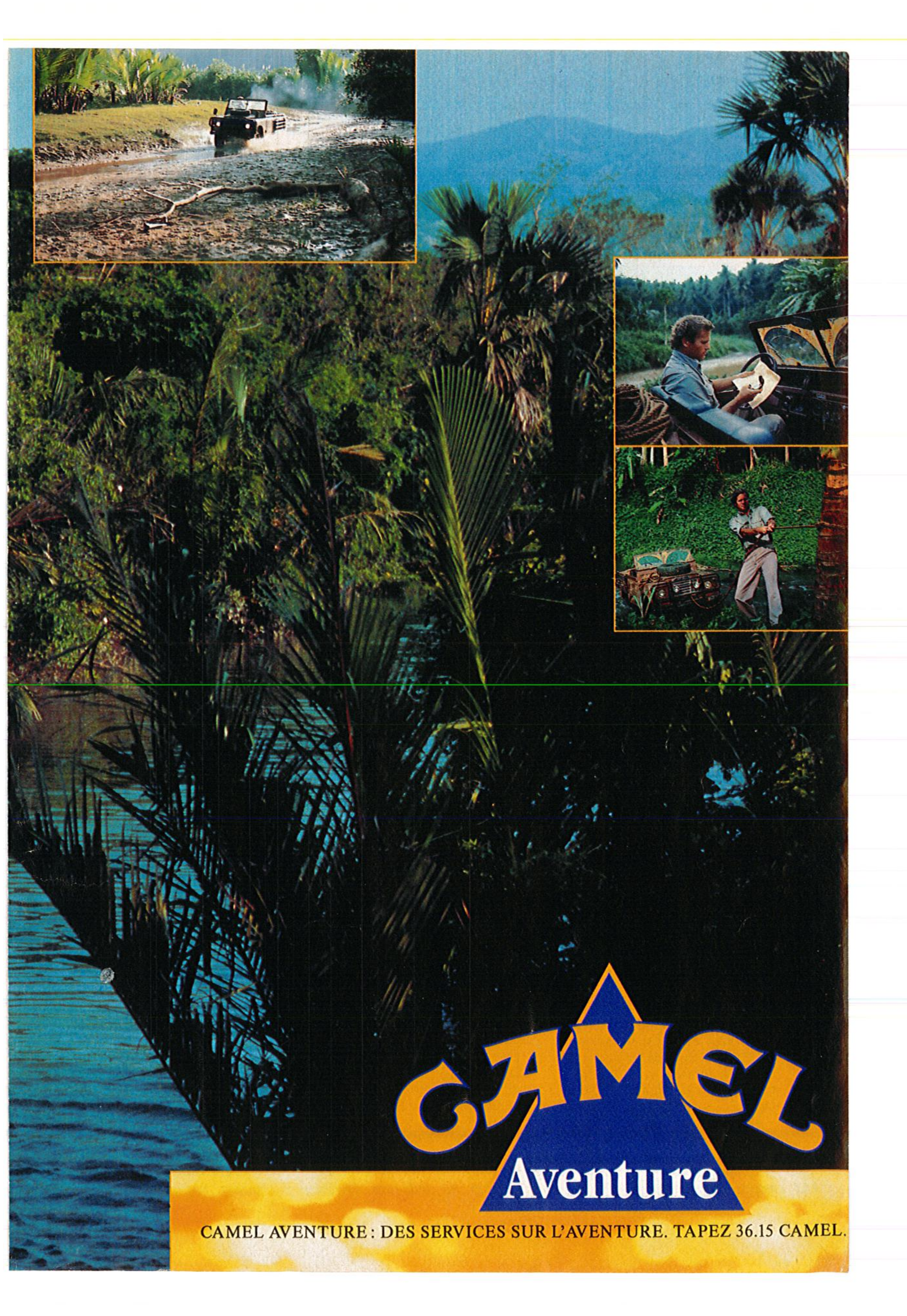
L'exemple nous paraît quelque peu discutable : le calendrier grégorien est issu d'un calendrier qui ne doit rien à l'Eglise, qui est le calendrier julien de 365,25 jours, établi à la demande de Jules César au Ier siècle avant notre ère. Il fut corrigé en raison du décalage croissant entre les fêtes et les saisons, selon les calculs d'Aloysius Lilius. Ce ne fut certes pas la "haine protestante du catholicisme" qui reporta son adoption par l'Angleterre : le Danemark et les Etats protestants hollandais et

(suite du texte page 16)



15° de latitude ouest, forêt du Lampang.




CAMEL
Aventure
CAMEL AVENTURE : DES SERVICES SUR L'AVENTURE. TAPEZ 36.15 CAMEL.

allemands l'adoptèrent en 1700. On ne peut pas dire que ce soit la haine du catholicisme qui retarda également son adoption par les pays de l'Est: la Grèce, qui était certes chrétienne autant que la Russie, ne l'adopta qu'en 1923. Les raisons pour lesquelles certains pays répugnèrent au calendrier grégorien étaient l'attachement à leur tradition. C'est le même attachement qui retarda l'adoption du système décimal par les pays anglo-saxons, et le catholicisme n'y est pour rien.

Ce lecteur estime que « *Galilée, homme de la Renaissance typique, croyait au platonisme, et donc à la vertu transcendantale du cercle, et attribuait obstinément aux planètes des orbites circulaires, ce qui rendait leurs mouvements incompréhensibles, malgré l'invention des épicycles. Erreur déjà commise par Copernic, ce qui retarda d'un siècle l'adoption de l'héliocentrisme. Il fallut attendre Kepler et ses trois lois pour remettre, grâce aux ellipses, le Cosmos en accord avec les observations. L'Eglise avait simplement prié Galilée de ne pas enseigner les théories de Copernic avant qu'elles fussent prouvées. Quel obscurantisme, n'est-ce pas? Galilée ne fut pas condamné à mort, ni même menacé, malgré son caractère orgueilleux et rebelle.* »

Notre lecteur nous permettra de ne pas être d'accord avec sa description d'un Galilée, orgueilleux et platonicien maniaque des grands ronds. La théorie d'un Galilée pythagoricien, donc attaché à la vertu transcendantale du cercle, a été définitivement infirmée il y a quelque trente ans, par la découverte du témoignage de Jacopo Mazzoni, ami de Galilée, selon lequel Galilée était décidé à rejeter l'opinion des pythagoriciens et de Copernic, c'est-à-dire justement de rejeter le système pythagoricien et de corriger le système copernicien, car il était évidemment héliocentriste. Ce fut là un de ses mérites. Il est donc inexact de le présenter comme un copernicien intégral attardé.

En ce qui concerne les fondements idéologiques de l'affaire de la condamnation par l'Inquisition, nous nous limiterons à citer, à cet égard, l'*Encyclopædia universalis*: « ... La pièce maîtresse des conceptions reçues (à l'époque), à savoir l'association paradoxale pour la Terre du privilège d'être le centre du monde et de la propriété d'être le royaume de la corruption et de la mort, constituait, sur la voie d'une solution raisonnable, un obstacle majeur [à l'acceptation de l'héliocentrisme]. L'affirmation de l'homogénéité des astres, y compris la Terre, avait eu sa part dans la condamnation au bûcher de Giordano Bruno. » Et, comme le rappelle la *Grande Encyclopédie Larousse*, l'héliocentrisme s'opposait aux notions de la Genèse sur la création du monde. Une thèse récente de Pierre Thuillier a exposé, par ailleurs, que le vrai motif de l'hostilité de l'Inquisition aux idées de Galilée était son atomisme, car l'idée que le monde fût constitué d'atomes contredisait le dogme de la transsubstantiation qui se produit dans l'hostie au moment de la consécration.

Pascal, déjà, dans la XVIII[e] Provinciale, avait tenu pour nulle et non avenue, outre qu'injuste, la décision du Saint Office, qui n'avait pas à se mêler de science. Rappelons, d'ailleurs, qu'en 1979, le pape déclarait, à propos du procès de Galilée, « déplorer certaines attitudes qui ont existé parmi les chrétiens eux-mêmes, insuffisamment avertis de la légitime autorité de la science. »

Et le Soleil tourne bien autour de la Terre

« Je suis consterné par l'entrefilet p. 71 de votre n° 874, "Un petit Anglais sur trois croit que le Soleil tourne autour de la Terre", nous écrit M. B. P., de Paris. *En effet, l'étude d'un mouvement suppose le choix d'un repère de mouvement. Si l'on choisit la Terre, ce qui me paraît bien naturel, le Soleil tourne bien autour de la Terre... Il faut bien considérer que ce repère n'est acceptable qu'en raison de la brièveté de la vie humaine, car les étoiles et les galaxies ont des mouvements indépendants, mais pas assez rapides pour que leur écart angulaire vu de la Terre se modifie notablement en quelques siècles.* »

Nous eussions donc dû écrire: « Deux petits Anglais sur trois croient que la Terre tourne autour du Soleil. » Il nous semble que le reste se passe de commentaire.

Insultes imaginaires

« *Si, jusqu'à présent, vos attaques contre l'astrologie procédaient d'une attitude de rejet épidermique fortement teintée d'un souci d'objectivité scientifique (reconnaissons-le), elles procèdent à présent et en fait depuis votre n° 876, p. 18, d'une attitude fortement teintée d'agressivité, d'intolérance et de franche stupidité,* nous écrit M. C. N., de Bruxelles. *L'attaque à laquelle vous vous livrez, les insultes proférées à l'encontre de personnes qui, après tout, ne sont ni des criminels, ni, pour la plupart, de malhonnêtes gens, a de quoi surprendre... Et ce ne sont ni le pouvoir, ni le prestige des cent quatre-vingt-douze signataires, "tous scientifiques éminents", du manifeste contre l'astrologie publié en 1975 par la revue américaine "The Humanist", ou les deux cent cinquante savants espagnols qui viennent de manifester mêmement, qui me feront changer d'avis.* »

Notre texte ne contenait pas d'injures. Mais nous persistons à dire que l'astrologie est un tissu de fadaises et de fariboles. Par ailleurs, nous sommes désolés que notre correspondant n'accorde pas de poids à l'opinion de savants. C'est la seule qui nous intéresse et qui intéresse l'immense majorité de nos lecteurs. Elle constitue la matière même de notre publication.

« *L'opinion et l'autorité d'un seul astrologue sérieux valent infiniment mieux que l'avis d'un "conclave" de 250 savants espagnols* », écrit par ailleurs, et au même propos, M. P. D., de Montmorency. C'est un postulat, pas un fait. Qu'est-ce qu'un astrologue "sérieux"? Celui qui fait état, selon un "savoir traditionnel", de l'influence d'une planète qui n'a été découverte qu'en 1930? Et quel est le mètre qui sert à apprécier le terme "infiniment"?

« *Vous dites que l'Union rationaliste n'a d'autre objet que*

(suite du texte page 18)

LA VIDEO QUI DEPASSE L'IMAGINATION.

JVC n'a pas fini de vous étonner. L'inventeur du VHS et du S-VHS repousse encore plus loin les limites de la vidéo. Résultat : une gamme de magnétoscopes, camescopes et cassettes JVC qui renouvelle sans cesse votre émerveillement. Déjà parfaite, l'image JVC atteint aujourd'hui 400 lignes en haute résolution Super-VHS. Et le son Hi-Fi stéréo de certains modèles comblera définitivement les mélomanes avertis. Le matériel JVC, fruit d'une avance technologique incontestable, se distingue par son esthétisme soigné autant que fonctionnel, par son extrême facilité d'utilisation et par la compatibilité entre les formats VHS, VHS-C, S-VHS et S-VHS-C. Tout cela ne dépasse-t-il pas l'imagination?



JVC
L'AVANCE VIDEO

HAUTEFEUILLE

d'enseigner aux gens à être raisonnables. Je lis, ailleurs, un article de M. Caillavet, vice-président de cette Union, qui dit: "La conscience est un phénomène physique et chimique." Il s'agit bien d'une croyance. Ce qui est très grave, c'est qu'une revue scientifique puisse ainsi promouvoir une croyance», écrit enfin M. M. T., de Manosque.

Les données les plus récentes de la neurologie confirment bien, en effet, que le cerveau est un organe et que la conscience est un phénomène physique et chimique. Ce n'est pas une "croyance", c'est un fait établi par des milliers de recherches mesurées. Un désordre physico-chimique tel que la modification des récepteurs neuronaux ou l'irruption de certaines substances dans la circulation cérébrale entraîne, soit une modification, soit un arrêt de la conscience.

Le goût de la langue

«J'apprécie votre revue dans sa totalité, écrit M. M. S., de Divion, vos articles sont écrits dans un français clair et agréable. On peut même dire que "Science & Vie" est le Fontenelle du XXᵉ siècle. Néanmoins, dans votre dossier sur le porte-avions Charles De Gaulle, vous avez commis une faute, ou une demi-faute en mettant un accent aigu sur le premier "e" de Clemenceau". Juste, la "clémence" prend l'accent, le Tigre, non.

«A qui appartient l'accent circonflexe? écrivez-vous dans "Science & Vie" n° 877. Mais à nous voyons, pas à un ministre! Et nous vous le confions pour le défendre, ainsi que le trait d'union et autres particularités charmantes. Mais pendant combien de temps? Votre goût pour la langue française fait partie des charmes de la revue,» écrit M. J. de P., de Rochefort-sur-Loire. Nous le remercions de ses appréciations et de sa confiance. Nous transmettrons le flambeau que nous avons reçu!

M. M. C. trouve *«lamentable pour une revue de notre niveau»* que nous écrivions: "pose problème", et non "pose un ou des problèmes", *«comme le disent de trop nombreuses personnes à la télévision»*. Ce lecteur est un peu sévère: le Petit Robert cite comme correcte l'expression "faire problème". L'expression "pose problème" n'est sans doute pas du plus correct, mais elle est calquée sur la précédente.

Ecologie et écologie

«Lorsque M. A. G. parle des "Amazoniens" (dans votre numéro d'août 1990), j'ai comme un doute, écrit M. J. de D., de Soisy-sur-Seine. *J'avais toujours cru que les habitants de l'Amazonie étaient ces Indiens décimés par l'alcool, les maladies, les modes de vie importés chez eux... et les chasses à l'Indien, un "sport"... dénoncé par Lucien Bodard il y a plus de vingt ans. Dans les passages publiés de sa lettre, M. A. G. ne saurait mieux verser l'eau au moulin des écologistes qu'il critique pour extrémisme lorsqu'il explique que la route en question est une "voie de pénétration" nécessaire à "la prise de possession" d'une "immense réserve de matières premières", elle-même nécessaire à l'"expansion du Brésil" (en fait, des intérêts privés).»*

Il est certain que l'exploitation de l'Amazonie bénéficiera à des intérêts privés. Il n'est pas moins certain qu'il semble difficile de protéger indéfiniment des territoires exposés à la convoitise constante de groupes industriels soutenus par la raison d'Etat. Il semble donc qu'il serait utile d'établir une convention d'exploitation soumise à des autorités de contrôle, qui permette de respecter dans toute la mesure du possible une réserve irremplaçable et inestimable, et dont la valeur intéresse la totalité de l'humanité.

Energie et téléviseurs

«Les postes de télévision mis "en veilleuse" consomment 5 W, écrit M. D. C., de Lausanne. *Quand il s'agit de plusieurs millions d'appareils, cela entraîne un important gaspillage d'énergie. Je propose aux fabricants de munir l'appareil de télécommande d'une ampoule électrique qui s'allumerait quand on appuie sur le bouton de commande de l'enclenchement du poste. En dirigeant ce rayon lumineux vers une cellule photovoltaïque placée sur la partie frontale de l'appareil, on créerait un courant électrique qui fermerait électroniquement le circuit d'alimentation du récepteur à rayons infrarouges. Celui-ci deviendrait sensible au rayon infrarouge émis par la télécommande et mettrait en service le récepteur TV, dont tous les organes restent sous tension jusqu'à une nouvelle pression sur le bouton, pour l'extinction.»*

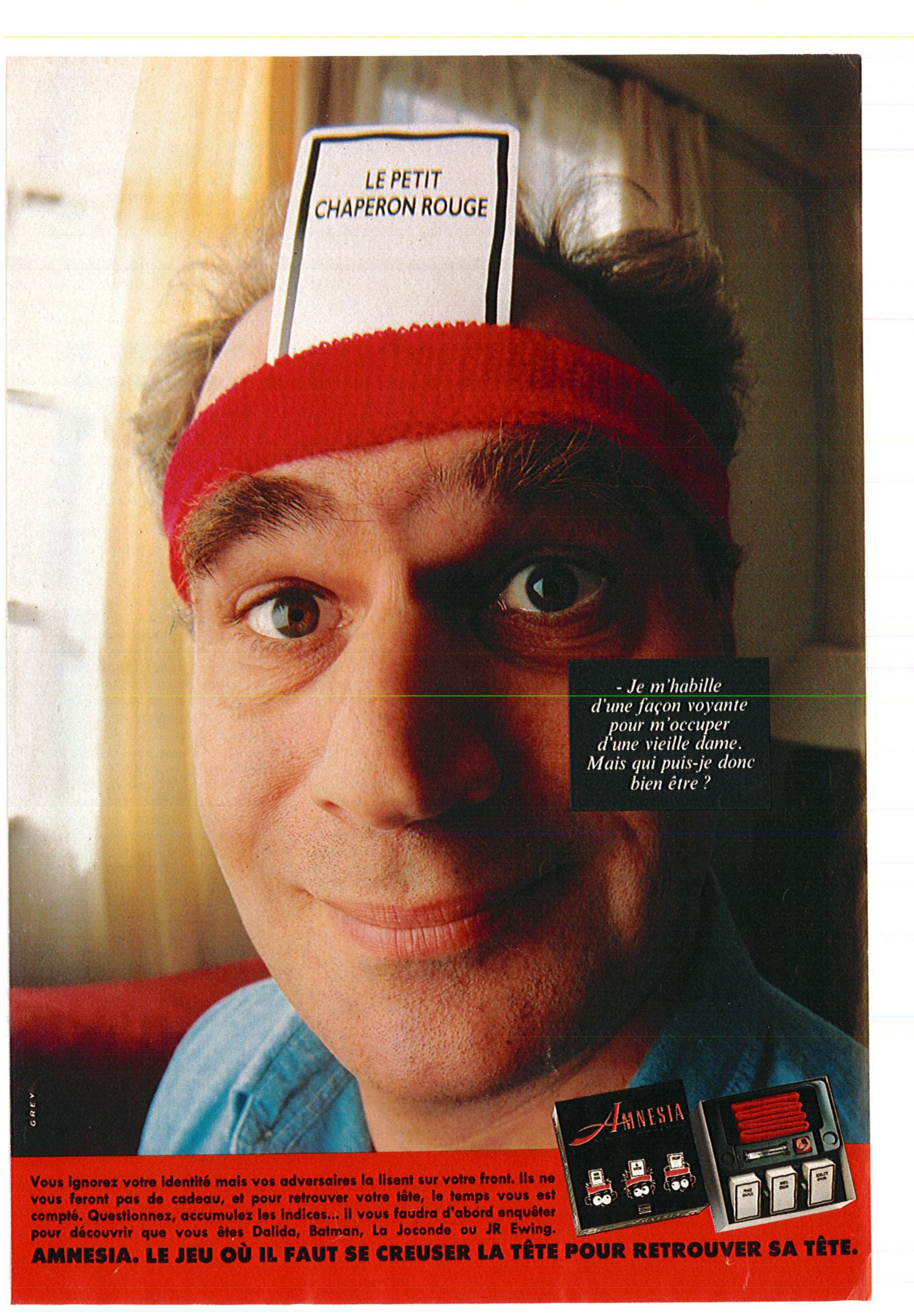
Nous soumettons, en effet, cette intéressante idée aux fabricants.

Bettelheim et les thuriféraires

«Dans votre numéro de mai, vous avez publié un article signé J. R., sur "Bruno Bettelheim, la forteresse écroulée". Je constate, écrit M. L. E., de Noé, *que ladite forteresse n'est pas écroulée, car FR3 a passé, peu après votre article, un reportage sur l'Ecole orthogénique. Et là, on a fait un éloge dithyrambique de Bettelheim. On y a entendu affirmer que: "Peut-être le seul moment qu'ils ont vécu normalement comme des enfants normaux est-il celui qu'ils ont passé dans le ventre de leur mère." Un spécialiste a cité le cas d'un enfant qui a été élevé au biberon et dont la sœur a été élevée au sein. La sœur était choyée, le garçon pas, donc les parents étaient responsables de l'autisme du garçon... Le pauvre lecteur-téléspectateur que je suis reste fort perplexe devant ces contradictions, ces émissions très partiales surtout. Qu'en dites-vous?»*

Nous avons exposé l'opinion de la neurologie sur les théories de Bettelheim, n'y revenons donc pas. Il y a quelques semaines, des révélations, désagréables parce que posthumes, sur ce théoricien, ont été publiées par la presse américaine, et ont justifié le surnom de "Bruno Brutalheim" qui lui fut

(suite du texte page 20)


LE PETIT
CHAPERON ROUGE
- Je m'habille
d'une façon voyante
pour m'occuper
d'une vieille dame.
Mais qui puis-je donc
bien être ?
GREY
AMNESIA
Vous ignorez votre identité mais vos adversaires la lisent sur votre front. Ils ne vous feront pas de cadeau, et pour retrouver votre tête, le temps vous est compté. Questionnez, accumulez les indices... il vous faudra d'abord enquêter pour découvrir que vous êtes Dalida, Batman, La Joconde ou JR Ewing.
AMNESIA. LE JEU OÙ IL FAUT SE CREUSER LA TÊTE POUR RETROUVER SA TÊTE.

donné. Car il semble que l'homme ait été capable, outre ses graves erreurs de diagnostic, de brutalité et de grossièreté. Qu'il compte encore des thuriféraires n'est pas étonnant ; Wilhelm Reich, qui quitta le freudisme pour fonder sa propre école et prétendit avoir inventé un accumulateur d'énergie "orgonique" et découvert le "bacille du cancer", entre autres aberrations, compte encore des fidèles. Ces cas ne sont pas rares. Ils constituent la petite histoire de la science.

Œstrogènes et cancer du sein

Se référant à une brève de la "Chronique de la recherche" de novembre 1989 (« Les œstrogènes administrés pour contrôler certaines conséquences de la ménopause augmentent les risques de cancer du sein, selon des travaux récents américains et suédois »), Mme J. P., de Benquet, a consulté son gynécologue, selon lequel l'information n'était pas sérieuse. *« Rien, à sa connaissance, et il m'affirme faire partie des instances de recherche américaines, où il a exercé plus de dix ans, ne justifie cette information. Peut-on savoir à quels travaux précis vous vous référez ? »*

L'étude suédoise a été menée par Leif Bergkvist, Hans-Olov Adami et Ingemar Persson, de l'hôpital de l'université d'Uppsala, et Robert Hoover et Catherine Schairer, du National Cancer Institute de Bethesda, Maryland ; ils ont porté sur plus de 23 000 femmes qui avaient pris des œstrogènes pour atténuer des symptômes ménopausaux ; les chercheurs ont effectué des comparaisons avec les patientes atteintes de cancer du sein selon le Registre suédois du cancer ; les femmes qui prenaient des hormones couraient environ 10 % de risques de plus de cancers du sein.

Ces conclusions ont été tempérées par l'opinion de spécialistes qui ont relevé que, pour une femme qui pourrait en effet mourir d'un cancer du sein, il y en avait sept ou huit à qui l'on épargnait une mort prématurée par attaque cardiaque ou cérébrale.

Myopie et remèdes

Notre article "La lecture rend-elle myope ?" nous a valu de M. P. C., de Granges-lès-Valence, lui-même myope, les lignes suivantes : *« Si j'ai bien compris, l'habitude de lire fausserait le mécanisme d'accommodation de l'œil et provoquerait chez certains l'allongement qui cause la myopie. Il y aurait donc un mécanisme de régulation de l'œil, causé par un effort d'accommodation excessif. Du fait de ce mécanisme, ne peut-on pas penser qu'il soit possible de corriger la myopie autrement que par le port de verres correcteurs ? Je pense, à ce sujet, à la fameuse méthode du Dr Bates, entre les deux dernières guerres, qui proposait une rééducation des yeux. »*

Ce lecteur nous adresse par ailleurs le prospectus d'un ouvrage qui prétend guérir tous les défauts de vision, de l'astigmatisme à la presbytie en passant par les troubles de vision périphérique, et l'on en passe. Le moins qu'on puisse faire est de conseiller à ce lecteur comme à tous les autres de ne pas s'engager dans la voie d'une thérapeutique de ce genre sans en avoir référé au préalable à son ophtalmologiste. Par ailleurs, la méthode du Dr Bates, comme celle du Dr Voronoff, ne semble pas avoir eu d'autres succès que celui de la renommée ; si elle avait été probante, on peut douter qu'elle eût été abandonnée. Enfin, la seule technique de correction de la myopie sans port de verres correcteurs semble être à ce jour la modification chirurgicale de la courbure du cristallin.

Sida et chauffage du sang

Un certain nombre de lecteurs nous ont demandé l'adresse du médecin qui a pratiqué le chauffage du sang en circulation extracorporelle, pour traiter le sida, que nous avons cité dans notre numéro d'août, p. 76. Nous rappelons que les expériences et produits médicaux dont il est question dans la "Chronique de la recherche" sont exclusivement expérimentaux. Par ailleurs, ce type de traitement a été rejeté par l'ensemble de la communauté médicale, ayant entraîné, dès le lendemain, la mort d'un des patients, ainsi que nous l'avons écrit dans notre numéro 877, p. 74 (en tout état de cause, le virus siège aussi dans les tissus, et sa destruction dans le sang seulement n'entraîne pas son élimination).

Antibiotiques : un médecin précise

Dermatologue-vénéréologue, le Dr J. L., de Fontenay-le-Comte, a apprécié en tant que lecteur notre article sur la consommation d'antibiotiques en France, mais en tant que médecin, il y apporte des corrections :

« Un peu d'exercice médical de base permet de se faire une idée très différente des conditions d'utilisation des antibiotiques, par rapport aux conditions théoriquement précisées... Plutôt que de parler d'insuffisance du temps d'enseignement... il faudrait parler plutôt de la mauvaise qualité, ou tout au moins de l'inadaptation, de cet enseignement aux conditions réelles de la pratique. Il est tout à fait encourageant d'avoir pu introduire un enseignement par des praticiens extra-hospitaliers, ce qui permet d'apporter un peu de pratique "de terrain". » Ce médecin déplore, par ailleurs que nous ne citions pas *« les risques liés à l'absence de traitement antibiotique »*, et il ajoute : *« Dans ma propre expérience, ayant au sortir de mes études le respect d'une certaine écologie, il m'est arrivé de me poser des questions sur l'indication d'un traitement antibiotique. De bonne foi, je refusai la prescription systématique. Bien mal m'en prit, car une angine apparemment banale chez un enfant, vu un soir et mis sous simple traitement symptomatique, a failli tourner à la catastrophe. Le lendemain, l'enfant présentait un purpura méningococcémique, dont il a pu être sauvé de justesse grâce à une antibiothérapie massive.... Tout est dit sur le mal, pas grand-chose sur le bien »*, conclut-il.

Dénoncer l'abus n'est pas dé-

(suite du texte page 22)

1950 1990
40 ANS D'INNOVATION!

«Notre choix est celui de la Vérité, de la Transparence et de la Neutralité.»



22 bd Louise Michel, 92230 Gennevilliers. Tél: (1) 47 90 55 78. Fax: (1) 47 90 65 35. Télex: 940 587.

sv.12.90

noncer toute pratique : il n'était pas question de mettre en doute l'utilité des antibiotiques, qui ont sauvé des dizaines de millions de vies humaines, et qui ont certainement contribué à l'accroissement de l'espérance de vie. Il n'était question que de relever une prescription qui semble anormalement élevée en France au regard des autres pays.

Zona : lettre aux médecins

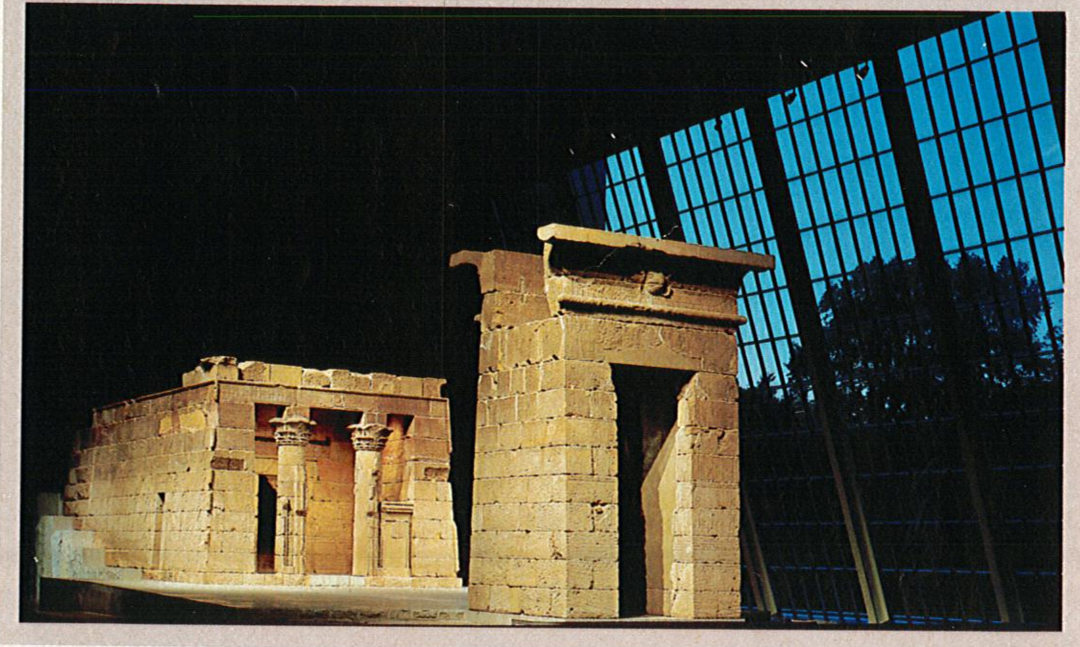
Un groupe d'études statistiques sur le zona, de Lorient, nous informe que cette affection est en recrudescence et souhaiterait bénéficier par notre entremise des réflexions du corps médical à ce sujet. *« Après un temps d'incubation de trois mois, la maladie s'installe et attaque le système nerveux, causant des douleurs très vives et souvent difficilement supportables. Le pire, c'est que cela peut durer un, deux, voire trois ans. Les malades n'ont absolument aucun recours auprès de la médecine. Dans les cas où le malade souffre trop, on lui propose une séance de radiothérapie, dont les effets ne sont pas évidents. Nous aimerions que vous y consacriez une étude. »*

Le zona est une infection virale causée par un virus zostérien, identique à celui de la varicelle, et de la redoutable famille des herpès. L'incubation n'est pas de trois mois, semble-t-il, mais, comme pour la varicelle, de quelque deux semaines en moyenne. Il semble que ce soient les personnes qui ont contracté la varicelle dans leur enfance qui en soient atteintes, le virus demeurant à l'état latent dans les ganglions. La virologie n'en étant réellement qu'à ses débuts (on vient à peine de comprendre comment le virus de l'herpès pénètre dans la cellule), on ne sait actuellement traiter cette maladie que de façon symptomatique. Contrairement à ce que qu'avancent nos lecteurs, la radiothérapie, en fait la cobaltothérapie, n'est pas inefficace — sauf évidemment lorsque le zona est facial, puisqu'elle ne peut être utilisée —, elle réduit sensiblement, et parfois complètement les douleurs résiduelles. Les vitamines B1 et B2 à fortes doses et parfois les immunoglobulines réduisent le cours de cette affection pénible, dont la persistance est effectivement assez longue chez les gens âgés.

Le Temple invisible

« J'ai lu avec plaisir d'abord, étonnement ensuite, dans votre numéro de septembre, l'article intitulé "La Turquie réclame à l'Allemagne le grand autel de Pergame". A la fin de l'article, je lis également : "Le temple de Dendérah instruit beaucoup mieux le public à New York qu'il ne le ferait à Dendérah même." Or, je visitais en février ce temple, à Dendérah. Mis à part le célèbre zodiaque, dont on ne voit que la reproduction, l'original étant au Musée du Louvre, je ne vois pas ce qui a pu être expédié outre-Atlantique », écrit M. J. B., de Toulouse. Notre photo renseignera le lecteur.

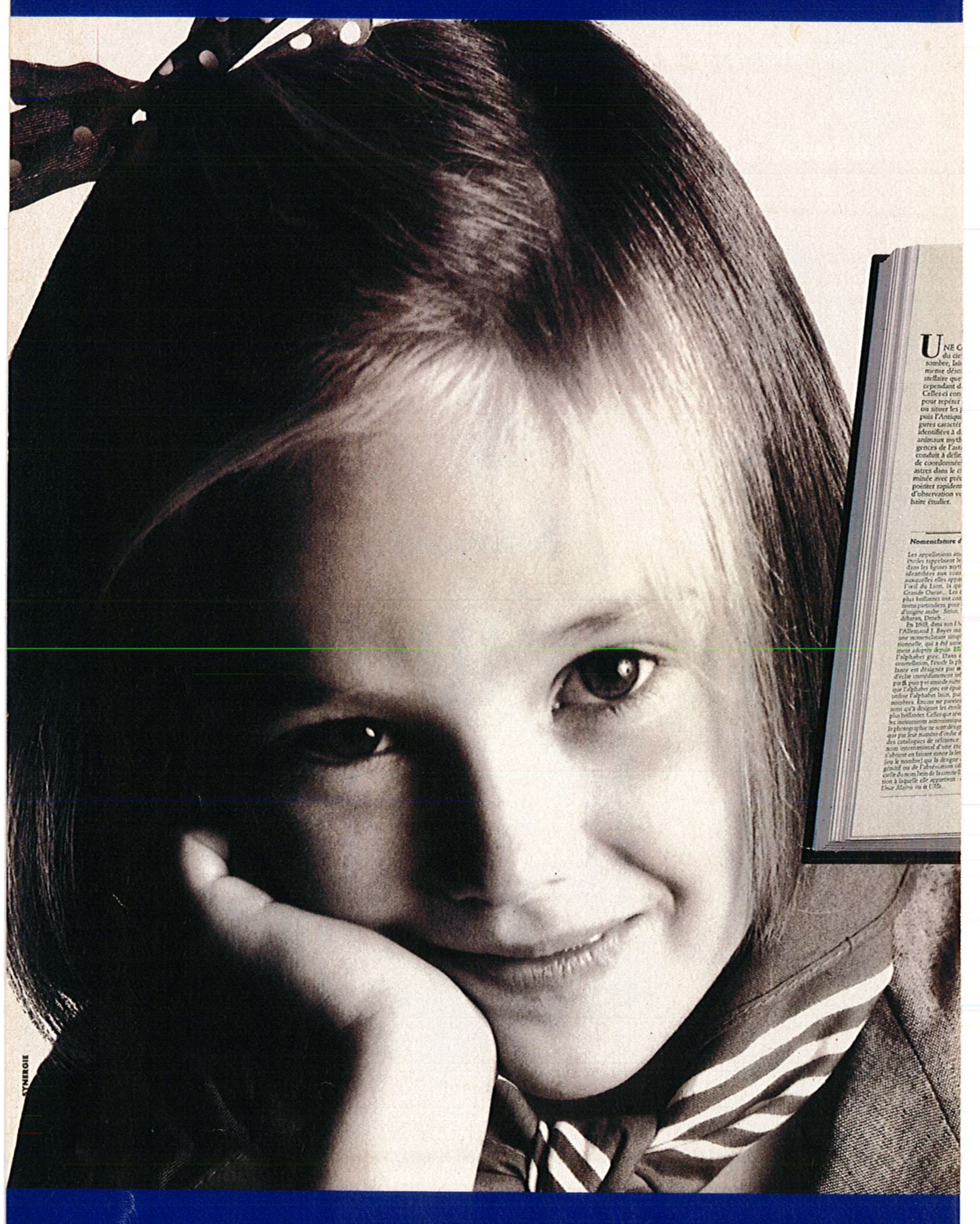
Voici donc le Temple de Dendérah tel qu'il se présente en éclairage de nuit au Metropolitan Museum de New-York. Nous comprenons toutefois la surprise de notre lecteur : il s'agit là d'un temple qui se trouvait à Dendérah, l'ancienne Tentyre, et qui n'est pas le grand temple d'Hathor, plus communément connu sous le nom de "Temple de Dendérah".





Nouveau
Fleur de Savane
20 PETITS CIGARES
LÉGER
Le petit cigare léger de Fleur de Savane
Amazonic

Cette nuit, Marie, 8 ans, me réveille
après avoir vu des étoiles filantes.



THÉMA : UNE NOUVELLE GÉNÉRATION D'ENCYCLOPÉDIES

Le lendemain. Nous ouvrons ensemble Théma.
Et je lui explique les étoiles, le ciel, le cosmos. C'est fou !

L'UNIVERS ET LA TERRE

Le ciel et les constellations

Pourquoi les étoiles scintillent

La sphère céleste et le mouvement diurne

Les constellations

Illusion et réalité

Comment situer les astres dans le ciel

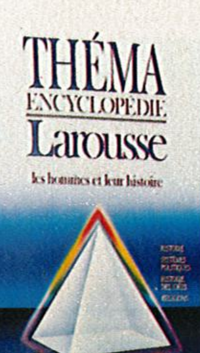
Le mouvement diurne

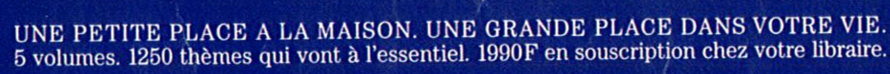
· 10 ·

· 11 ·





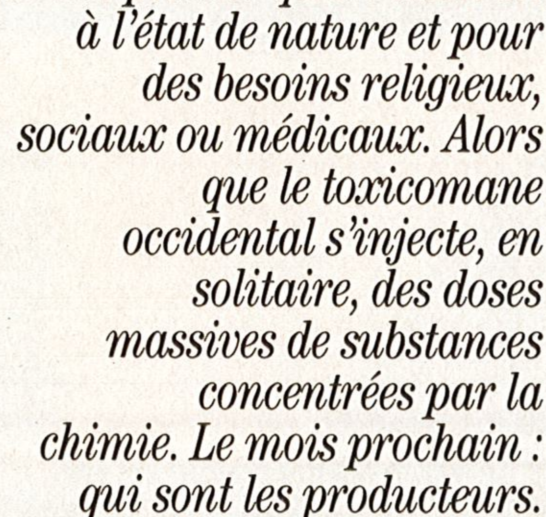


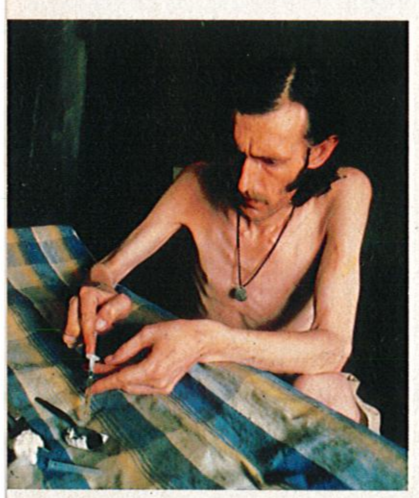




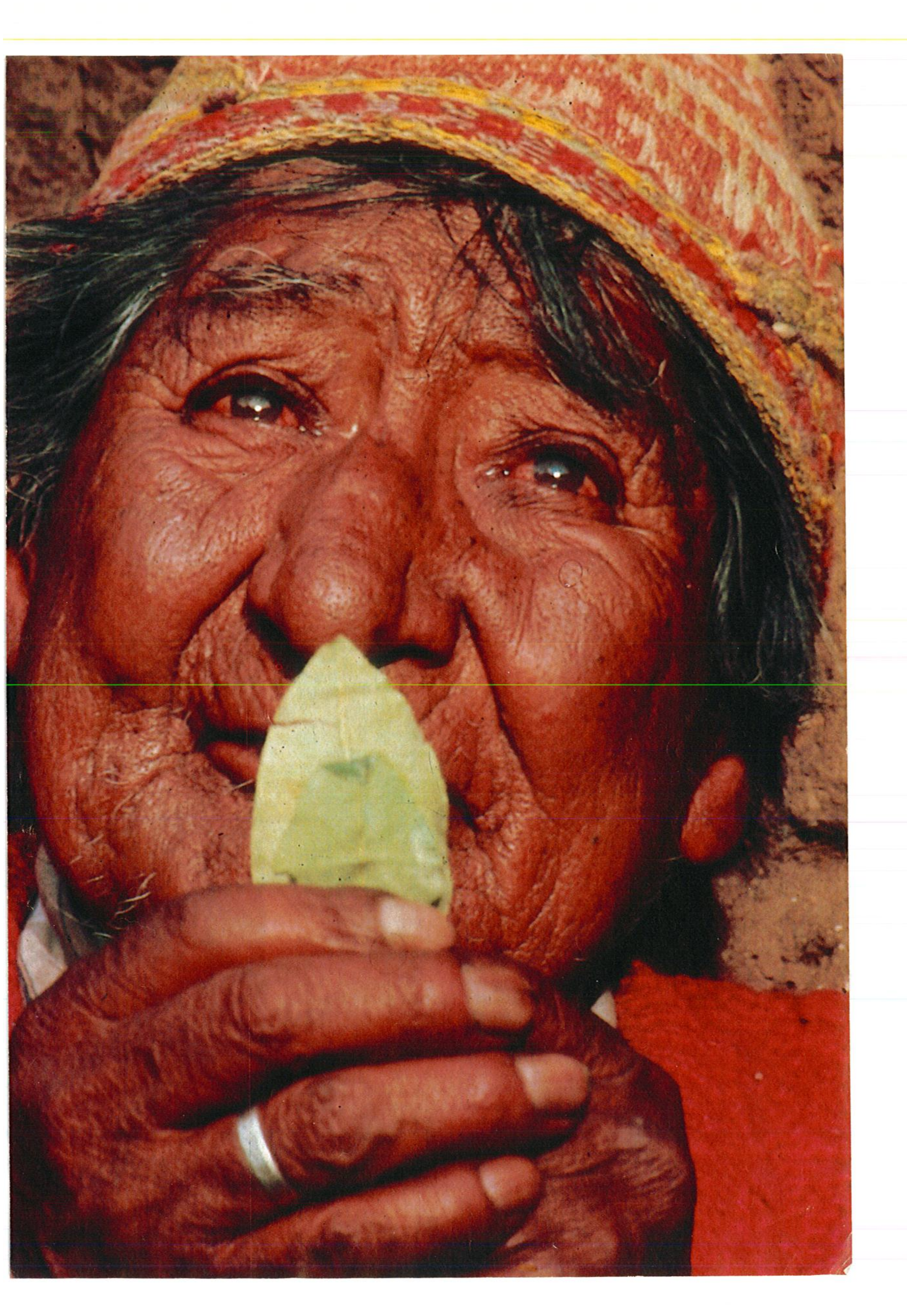
LA DROGUE N'EST PAS DURE POUR TOUT LE MONDE

Science & Vie entame une grande enquête sur la drogue — ou plutôt sur les drogues. Car, pour lutter efficacement contre ce fléau, il faut d'abord le connaître sous tous ses aspects : historique, ethnologique, économique, géographique, physiologique, etc. Pour commencer, Alain Labrousse, président de l'Observatoire géopolitique des drogues, rappelle qu'à l'origine, les drogues étaient des plantes qu'on utilisait à l'état de nature et pour des besoins religieux, sociaux ou médicaux. Alors que le toxicomane occidental s'injecte, en solitaire, des doses massives de substances concentrées par la chimie. Le mois prochain : qui sont les producteurs.





PAR ALAIN LABROUSSE.



Le 9 mai 1988, en arrivant à La Paz, la capitale bolivienne perchée à 3 700 mètres d'altitude, le pape Jean-Paul II fut pris d'un malaise. Son entourage, inquiet, s'apprêtait à retarder la rencontre prévue avec les évêques du pays quand le Saint-Père, après s'être isolé quelques instants, revint tout ragaillardi et bien décidé à reprendre sur-le-champ le cours de son programme. Que s'était-il passé? Mgr Saenz, l'évêque indien de La Paz, annonça fièrement que Sa Sainteté devait son prompt rétablissement à une spécialité locale : une infusion de feuilles de coca !

Certes, la coca n'est pas la cocaïne; il n'en reste pas moins qu'en Occident, elle est considérée comme une drogue. Alors, le pape a-t-il pris de la drogue ? Oui, si l'on donne au mot son sens de "remède"; non, si on lui donne celui de "stupéfiant".

Cet exemple est significatif, mais il n'est pas isolé. Diverses substances qui, chez nous, sont tenues pour d'authentiques drogues ont connu par le passé ou connaissent encore actuellement un usage généralisé à l'intérieur de certaines civilisations du Tiers-Monde : opium en Asie, coca dans les Andes, khat en Afrique de l'Est, cannabis un peu partout. D'autres substances, comme le peyotl, ont une diffusion plus limitée, soit parce qu'elles sont réservées à certains individus — prêtres, guérisseurs —, soit parce qu'elles ne sont utilisées qu'en certaines occasions très

(suite du texte page 30)

PLANTE DE LA JOIE ET OPIUM DU PEUPLE



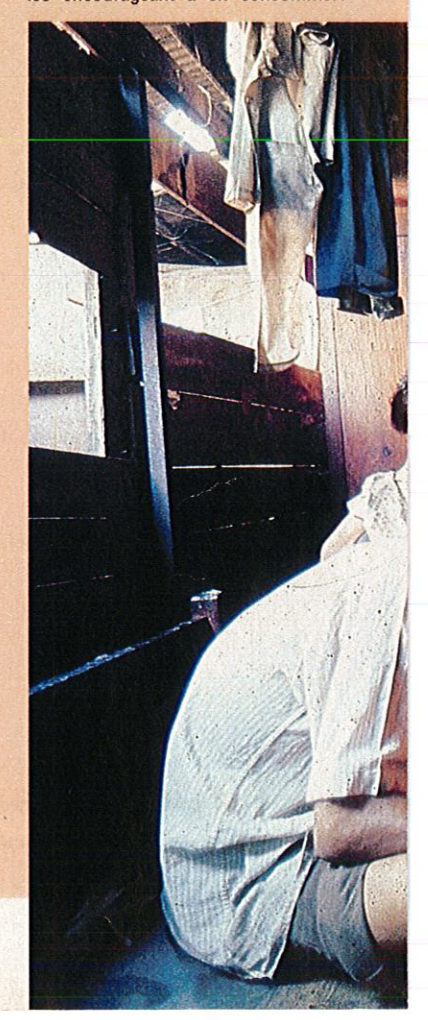
Contrairement à une opinion largement répandue, ce n'est pas la Chine qui a "découvert" l'opium et l'a transmis à l'Occident, ce sont les armées d'Alexandre le Grand qui, traversant l'Asie du Sud-Ouest (327-325 av. J.-C.) jusqu'aux rives de l'Indus, l'ont fait connaître aux populations de ces régions. Les soldats du célèbre conquérant le tenaient sans doute des descendants des Sumériens, un antique peuple de Mésopotamie, inventeur de l'écriture cunéiforme, et dans la langue duquel le pavot était désigné comme la "plante de la joie".

Chez les Grecs, le pavot était associé à Nux, la déesse de la nuit, et à Morphée qui, selon la mythologie, dispensait aux mortels le sommeil en les touchant d'une fleur de pavot. Les médecins grecs Hypocrate, Galien et Dioscoride le recommandaient pour le traitement des morsures de serpents, de l'asthme, de l'épilepsie et des coliques. Il était également connu des Egyptiens et des anciens Turcs de l'Anatolie. Quant aux Romains, ils le vénéraient au point de le faire figurer sur leurs pièces de monnaie.

Mais la culture proprement dite du pavot n'a commencé que beaucoup plus tard : elle apparaît sur le continent indien, à partir du IXᵉ siècle, avec les invasions des Arabes et des Perses islamisés. A la fin du XIIIᵉ siècle, Marco Polo signalait avoir vu des plantations dans la région du Badakhstan, au nord de l'Afghanistan. L'opium était alors consommé sous forme de décoction (on faisait bouillir dans de l'eau les fibres de la capsule). Ce sont les conquérants turcs qui ont appris aux populations locales à inciser le bulbe pour en recueillir la gomme et utiliser celle-ci comme médicament. On en donnait notamment aux enfants pour les calmer, pratique qui subsiste aujourd'hui dans certaines contrées d'Afghanistan, ou encore comme aphrodisiaque, ou encore comme euphorisant pour faire oublier aux soldats les dangers de la guerre.

C'est sous le règne des Mogols (1527-1707) que la culture du pavot et la commercialisation de l'opium sont devenues en Inde un monopole d'Etat et, par là même, une source de revenus considérable pour le trésor public. A la cour, on consomme l'opium, combiné à divers stimulants, sous forme de boisson ; mais, dans le peuple, on l'avale directement, ce qui n'est pas sans créer de sérieux problèmes de santé. L'usage de le fumer ne se répandra qu'à la fin du XVIIIᵉ siècle et au début du XIXᵉ quand la Compagnie anglaise des Indes orientales prendra le monopole.

Cette dernière, désireuse d'accroître ses bénéfices, imposera l'opium aux Chinois, les poussant à en importer et les encourageant à en consommer.

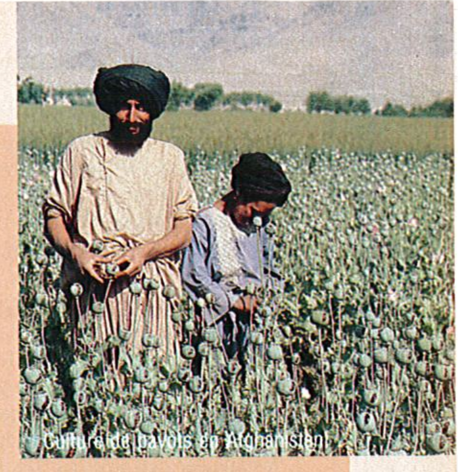


Mais l'empereur, soucieux de la santé de ses sujets, essaiera par tous les moyens d'entraver ce funeste commerce. En 1839, les autorités chinoises saisissent 20 000 caisses d'opium sur un navire anglais. Aussitôt, le gouvernement britannique déclare la guerre à la Chine et envoie un corps expéditionnaire occuper toute la partie méridionale du pays. Défait, l'empereur signe le traité de Nankin, qui consacre l'ouverture de la Chine à la drogue.

En 1879, les importations d'opium en provenance de l'Inde atteignent 100 000 caisses. Mais la Chine, qui veut réduire le déficit de sa balance commerciale, commence à développer une production intérieure. Résultat : l'opium, d'abord imposé de l'extérieur, devient une drogue nationale qui anesthésie tout un peuple. Au tournant du XXe siècle, près de 20 % de la population, soit environ 120 millions de personnes, est atteinte de toxicomanie. Le fléau ne disparaîtra qu'avec l'arrivée au pouvoir des communistes, en 1949.

Situation sensiblement différente au Pakistan. Lors de sa création, en 1947, ce pays comptait quelque 100 000 fumeurs d'opium, et les hakims (guérisseurs), au nombre de 50 000, continuaient de le prescrire pour soigner les insomnies, la dysenterie, le diabète, les rhumatismes, la toux et les troubles digestifs. Selon un spécialiste du Bureau des narcotiques pakistanais, Malik Mohammad Ashraf, cette consommation ne posait pas de sérieux problèmes sanitaires : « l'utilisateur traditionnel d'opium en prend en quantité modérée, essentiellement pour surmonter sa fatigue, pour soigner ses maux ou, plus simplement, pour trouver une sensation de bien-être. »

Il en est de même dans certaines minorités ethniques du Triangle d'Or (Laos, Birmanie, Thaïlande) : originaires de la Chine, elles ont apporté avec elles l'opium, mais s'en servent surtout à des fins thérapeutiques, les véritables médicaments faisant défaut ou étant hors de prix. Pour beaucoup de vieillards, fumer l'opium est le moyen de surmonter les douleurs et les maladies engendrées par l'âge, et donc de prolonger la vie. Chez les Hmongs, par exemple, un vieil homme qui s'adonne à l'opium n'encourt aucun reproche, car on estime que, de toute façon, il n'a plus assez de forces pour participer aux travaux des champs. En revanche, si un homme jeune est pris en train de fumer, il est mis au ban de la communauté. Certaines de ces ethnies utilisent également l'opium à l'occasion des cultes qu'elles rendent à leurs divinités. Ainsi, chez les Lahus, il est considéré comme le moyen de parvenir à la forme la plus élevée d'adoration des esprits.



Culture de pavots en Afghanistan.

Fumerie d'opium au Laos.

particulières — fêtes ou rites religieux.

Ce qui fait l'originalité de ces substances, c'est qu'aucune n'est le résultat d'une transformation chimique (comme l'héroïne ou la cocaïne) et que toutes font partie d'un patrimoine culturel parfois séculaire. En d'autres termes, elles ne servent pas à la quête solitaire de paradis artificiels (sauf égarements sur lesquels nous reviendrons), mais elles sont associées à des croyances, des pratiques ou des traditions transmises de génération en génération, et qui constituent le ciment sociologique d'une ethnie. C'est pourquoi, d'ailleurs, on a coutume de les appeler des drogues "traditionnelles".

Usages traditionnels et toxicomanies. Les pratiques que nous venons de mentionner n'ont rien de véritablement alarmant. D'abord, parce qu'elles sont le fait de groupes restreints (quelques dizaines de milliers d'individus tout au plus) ; ensuite, parce qu'il y a peu de risques qu'elles s'étendent hors de ces cercles. D'autre part, on l'a vu, le culturel l'emporte le plus souvent sur le fonctionnel. Au point que certains auteurs ont pu dire que l'effet physiologique provoqué par une drogue est de peu d'importance par rapport aux manifestations symboliques qu'en attendent les utilisateurs. Ainsi, à propos de la coca, l'ethnologue Anthony Henmann écrit : « L'effet des alcaloïdes dépend beaucoup plus de l'état physiologique et mental de l'utilisateur que des propriétés pharmacologiques de la feuille. »

La coca complète l'alimentation des Indiens des Andes

Et Michel Perrin, anthropologue au CNRS, le rejoint lorsqu'il explique : « L'Amérique indienne donne des exemples de sociétés consommant la même drogue qui décrivent des voyages aussi différents que le sont leurs mythologies, tandis que d'autres, avec des mythologies assez semblables mais prenant des drogues pharmacologiquement très différentes, leur attribuent des effets fort proches. »

En revanche, lorsque ces drogues sortent du cadre géographique, social ou religieux où les a cantonnées la tradition, les risques de toxicomanie deviennent considérables. Si l'usage de l'opium, par exemple, n'est pas contenu par un sévère contrôle social, il donne facilement lieu à une dangereuse accoutumance, avec des conséquences sanitaires désastreuses, pouvant aller jusqu'à la dégénérescence de la tribu, comme cela s'est vu dans certaines ethnies du Triangle d'or.

A première vue, la consommation incontrôlée de cannabis ne semble pas présenter les mêmes risques sanitaires. Pourtant elle peut avoir des effets extrêmement pernicieux, notamment sur la jeunesse des pays du Tiers-Monde. En effet, des fractions de plus en plus larges de cette dernière, tant au Maroc ou au Brésil, qu'au Chili, au Nigéria ou dans les Caraïbes, fument de l'"herbe" pour fuir le chômage, la marginalisation ou la répression ; et lorsque l'habitude s'installe, ces jeunes deviennent incapables de lutter pour des changements ou de s'adapter à des situations nouvelles (retour à la démocratie, perspectives d'emplois, etc.).

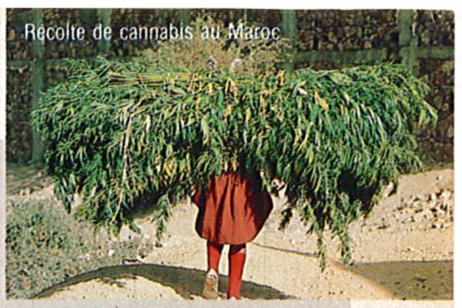
Dans certains cas, ces effets négatifs s'étendent même à l'ensemble de la population. Cela se produit en particulier dans les pays où l'usage de la drogue n'est pas enraciné dans une longue tradition. L'exemple le plus frappant est celui du khat à Djibouti. La dégradation des conditions économiques et l'absence de perspectives ont conduit une bonne partie des habitants de ce territoire à chercher un dérivatif dans le khat. Le phénomène a pris une telle ampleur que la quantité de khat journellement consommée oscille entre 8 et 10 tonnes, et que, au dire même des familiers du lieu, la vie n'y commence qu'avec l'arrivée de l'avion du Kenya et de sa cargaison d'herbe. L'après-midi est consacré à la mastication des feuilles, dont les effets tardifs rendront l'individu improductif durant toute la matinée suivante.

Le khat, à Djibouti, fournit 8 % du revenu de la population (grossistes, revendeurs...) et 10 % du budget de l'Etat. En contrepartie, étant importé, il déséquilibre la balance commerciale et, surtout, absorbe le tiers des salaires versés sur le territoire. Ce qui, ailleurs, est cérémonie est devenu ici pratique routinière : on prend du khat comme, en France, on prend un verre au bistrot!

Comprendre avant de condamner. Face à ces déviances, on aurait tort toutefois de pratiquer l'amalgame et de condamner sans distinction toutes les drogues traditionnelles. On constate, par exemple, que pour certaines d'entre elles les effets bénéfiques contrebalancent les risques de débordements. Cela est particulièrement vrai pour la coca. Pendant longtemps toute une littérature, assimilant les effets des feuilles à ceux de la cocaïne, s'est évertuée à démontrer que les Indiens des Andes étaient des intoxiqués. Ainsi l'Argentin Carlos Noberto Cagliotti, dans un rapport présenté au Séminaire interaméricain sur les aspects médicaux et sociologiques de la coca et de la cocaïne, disait à leur propos en 1979 : « Intoxiqués chroniques, ils vivent dans les pires conditions d'hygiène ; leurs mouvements sont lents et gauches; leur faculté de pensée est pauvre et manque de concepts abstraits ; leurs réponses sont laconiques et imprécises... » Et le médecin bolivien Fajardo Saenz renchérissait en 1984 : « La coca est le principal facteur de sous-développement du pays. »

C'était prendre les conséquences pour les causes. Si les Indiens des Andes sont misérables, c'est avant tout en raison des conditions de vie qui leur sont imposées (insuffisance de terres, pénurie d'infrastructures, absence de services de santé et d'éducation), et non parce qu'ils consomment de la

(suite du texte page 32)


Récolte de cannabis au Maroc.

GUIDE DU PARADIS ET HERBE DES ASSASSINS



Le cannabis, lui aussi, peut revendiquer une tradition séculaire. Il est mentionné, sous le nom de *bhang*, dans l'*Atharva-Veda*, le plus ancien des textes sacrés hindous. C'est l'une des cinq plantes magiques en usage dans les rituels destinés à préserver l'homme des catastrophes et à le protéger de ses ennemis. A la fin du premier siècle de notre ère, il fait son apparition dans les légendes indiennes en tant que boisson favorite du dieu Shiva. A la même époque, les Chinois l'utilisaient comme anesthésique sous le nom de *mafo sam*.

Au Moyen-Orient, les Assyriens le brûlaient comme encens dès le VIIIe siècle av. J.-C., et les Scythes s'enivraient de ses vapeurs. On le retrouve un peu plus tard au nord de la Perse, où certaines sectes des monts Khorassan le faisaient macérer dans du vin ou de l'alcool. Il se répand ensuite en Irak, en Syrie, en Egypte et chez les Romains. L'historien grec Diodore (Ier siècle av. J.-C.), qui séjourna longtemps dans la Rome antique, en parle comme d'un « remède magique contre la tristesse ».

Aux XIIe et XIIIe siècles de notre ère, une secte ismaïlienne organisée en société secrète par Hassan ibn Sabbah (le Vieux de la Montagne) acquit une triste célébrité en pratiquant le meurtre politique. Ses membres ayant l'habitude de fumer du cannabis, on les appela les "Assassins" (de l'arabe *haschaschine* : fumeurs de haschisch) qui est resté, sous son acception criminelle, dans la langue française.

Avec les invasions arabes (XIe-XVe siècle), le cannabis gagne l'Afrique du Nord et, de là, passe en Europe. Bien que le Coran condamnât toute substance « susceptible d'endormir la pensée et les sens », il était si bien implanté dans les sociétés préislamiques qu'il a continué d'être socialement admis dans le monde musulman, trouvant même sa place dans certains rites religieux. Appelé le "paradis de l'homme pauvre" ou le "guide du paradis", il a la réputation de prolonger l'existence et, à l'instar de l'opium, de favoriser l'union avec l'Esprit divin.

Aujourd'hui, au Pakistan, il est couramment consommé par les pélerins qui vont prier sur les tombes des saints. Dans certains cas, les gardiens des sanctuaires ont même le devoir de leur en fournir. D'autre part, quelques prêcheurs perpétuent la tradition du *bhang* , sous forme d'une boisson faite d'un mélange de cannabis et d'orgeat. Lorsque l'un de ces hommes arrive dans un village, il s'installe au centre de celui-ci, sous un arbre, et se fait confectionner un *bhang* très concentré par un assistant spécialisé dans ce genre de préparation. Après, il peut parler pendant des heures sans éprouver la moindre lassitude. Même l'utilisation profane du *bhang* par les paysans suit un rituel très précis. Considéré comme une boisson rafraîchissante, il est dégusté collectivement en début d'après-midi, juste avant la sieste. Si les femmes peuvent en faire pour elles-mêmes, celui qui est consommé par les hommes doit être préparé par un domestique. Ce dernier servira d'abord le *khan* (le personnage le plus important, généralement l'hôte invitant), puis tous les participants, selon un ordre tenant compte du rang social de chaque convive. Bref, il s'agit toujours d'une cérémonie collective, dont le but est de faciliter l'intégration des membres de la communauté.

On trouve une coutume analogue chez les Patchous, ethnie habitant le nord-ouest du Pakistan et l'Afghanistan : les hommes se réunissent périodiquement dans la *hujra* (maison communale) pour fumer le cannabis et discuter des affaires de la collectivité.


Fumeur de narguilé en Egypte.

coca. Cette dernière, au contraire, vient souvent suppléer une alimentation insuffisante. D'ailleurs, les Indiens de l'Equateur, qui ne mâchent pas de coca, sont tout aussi besogneux et incultes que leurs frères du Pérou ou de Bolivie. En revanche, les propriétaires terriens et les commerçant métis qui, dans ces derniers pays, au contact de la population indigène, ont contracté l'habitude de prendre de la coca, sont des hommes bien portants, vigoureux et énergiques, cela tout simplement parce qu'ils sont bien nourris et correctement soignés lorsqu'ils tombent malades.

Quant à la toxicité de la coca, elle est loin d'être établie. Certains chercheurs pensent en effet qu'au cours de la mastication, c'est surtout l'ecgonine, un alcaloïde quatre-vingts fois moins actif que la cocaïne, qui passe dans le sang. La cocaïne, elle, n'a pas le temps de s'y accumuler car son élimination est plus rapide que son extraction par la salive.

Les Nations unies, qui avaient fait obligation à la Bolivie et au Pérou, signataires de la Convention unique sur les stupéfiants (1961) d'avoir totalement éliminé la coca pour 1990, ont, en décembre 1988, sous la pression d'anthropologues et de médecins plaidant la valeur culturelle, médicinale et alimentaire de la plante, accepté d'amender le texte initial et de tolérer la consommation de la coca sous sa forme naturelle.

En ce qui concerne le khat, l'ONU procède avec beaucoup de prudence, car les experts ont cons-

(suite du texte page 34)

MAMA COCA PROTECTRICE DE L'INDIEN DES ANDES



C'est le navigateur italien Amerigo Vespucci qui, le premier, découvrit l'usage de la coca chez les indigènes du Nouveau Monde en 1499. Il se trouvait alors le long des côtes de ce qui est devenu aujourd'hui le Venezuela. La consommation de la plante, actuellement limitée à certaines zones andines de la Bolivie, du Pérou et de la Colombie, ainsi qu'à quelques tribus d'Amazonie, s'étendait à l'époque sur un territoire beaucoup plus vaste : pratiquement toute l'Amérique du Sud jusqu'au Nicaragua (où elle portait le nom de *yaat*) ainsi que l'ensemble des Caraïbes.

La découverte des vertus de la coca est sans doute très ancienne, puisque l'on a retrouvé des feuilles dans le site de Huaca Prieta (2500-1800 av. J.-C.). Un grand nombre de mythes et de légendes évoquent l'origine de la plante : il y est généralement question d'une jeune fille que l'on sacrifie à la demande des dieux, et sur la tombe de laquelle se met à croître un arbrisseau bienfaisant pour le peuple indien.

Chez les Incas, la coca intervenait couramment dans les pratiques religieuses et les rites sociaux. On l'offrait en particulier, après l'avoir mâchée, à la Pachamama, la déesse Terre, afin d'assurer sa fécondité. Les parents d'un prétendant avaient coutume d'en apporter à ceux de la jeune fille : si ces derniers consentaient à en mâcher, cela signifiait qu'ils acceptaient leur fils pour gendre. Le chroniqueur Cristobal de la Molina rapporte que l'on s'en servait également pour prédire l'avenir : « Après avoir mastiqué la coca, on recrachait son jus mélangé à la salive dans la paume de la main inclinée, deux doigts tendus : si le liquide s'écoulait sur les deux doigts, le présage était favorable ; s'il ne passait que sur un seul, il était mauvais. » Enfin, selon Garcilaso de La Vega, on l'appliquait aussi, sous forme de poudre, sur les blessures pour éviter qu'elles ne s'enveniment, et sur les fractures pour que les os se resoudent plus vite.

Si, du temps des Incas, le tribut payé aux nobles et aux prêtres était souvent versé sous forme de coca, son usage cependant n'était pas réservé aux seules classes fortunées. Les Espagnols, qui avaient d'abord condamné la plante sacrée, la qualifiant de "talisman du diable", s'aperçurent bien vite qu'elle aidait les Indiens envoyés dans les mines à supporter les conditions effroyables auxquelles ils étaient soumis. Ils en encouragèrent donc la culture et n'eurent qu'à s'en féliciter, puisque, aux mines de Potosi, par exemple, la production d'or et d'argent crût au fur et à mesure que se développait la production de coca. Rien de miraculeux à cela : outre les petites quantités de cocaïne qu'elle libère lorsqu'elle est mastiquée, et qui ont un effet stimulant, la feuille de coca est très riche en protéines végétales, vitamines et sels minéraux. D'ailleurs, aujourd'hui encore, les ouvriers qui travaillent dans les mines d'étain de Bolivie continuent d'en consommer environ 100 grammes par jour, qu'ils dédient à Tio, le dieu des entrailles de la Terre, afin qu'il les protège de l'accident mortel et les aide à trouver la riche veine de métal.

Chez les paysans des Andes, l'usage de la feuille de coca est, même à l'heure actuelle, entouré de différents rites, qui ne sont pas sans rappeler les pratiques magiques d'antan. Dès qu'il en a acheté, le péon commence par en brûler quelques feuilles à l'intention de la Pachamama, la déesse Terre. Puis, six fois par jour (après chacun des trois repas, durant la pause du matin et celle de l'après-midi et à la fin du travail des champs), il se livre à ce que l'on appelle en quechua (la langue des Incas) l'*hallpay*, une opération fort improprement traduite par le "mâcher" de la coca. Il n'y a en effet aucune mastication, la boule de feuilles est simplement maintenue entre la gencive et la joue de façon que le suc s'en exhale lentement.

En dehors de ces absorptions coutumières, tout peut être prétexte à la prise de coca, car elle est sensée rendre plus chaleureuses les relations entre les hommes. On l'offre à l'ami rencontré sur le chemin, au parent

venu faire une visite. Les yatiri (devins) l'utilisent toujours pour rendre leurs oracles, lire le destin d'une personne, démasquer les jeteurs de sorts, prévoir les résultats d'une entreprise individuelle ou collective. Toute initiative communautaire — construction d'une route, d'une école ou d'un hôpital, nettoyage des canaux d'irrigation, etc. — est soumise à la lecture des feuilles de coca répandues sur le sol. L'exécution des travaux est précédée d'une distribution de feuilles et d'une "mastication" en commun. Même les réunions politiques ou syndicales dirigées par des militants chrétiens ou marxistes sacrifient à ces rites.

Dans ses usages actuels, la coca reste un élément de base de la pharmacopée naturelle. Le touriste qui voyage dans les Andes se voit souvent offrir, dès qu'il arrive en altitude, une infusion de coca, bien plus efficace contre le sorroche (le mal des montagnes) que tous les antiémitiques. Pourquoi ? L'explication est simple. Pour palier la raréfaction de l'oxygène, l'organisme réagit par un accroissement important du nombre des globules rouges (les Indiens qui vivent sur les hauts plateaux en ont six millions par millimètre cube, au lieu de cinq). Mais cette augmentation a un inconvénient : elle rend le sang plus visqueux et donc la circulation plus difficile. D'où une impression de grande fatigue, des maux de tête et des nausées. Or, les alcaloïdes contenus dans la feuille de coca (cocaïne, ecgonine) ont précisément des propriétés anticoagulantes et fluidifiantes. Voilà pourquoi l'infusion de coca, non seulement supprime le mal des montagnes, mais aide l'homme à s'adapter à la haute altitude.

Si l'on en croit différents chercheurs, les pouvoirs thérapeutiques de la coca ne s'arrêteraient pas là. Elle combattrait aussi l'hypoglycémie (insuffisance de glucose dans le sang) et, grâce à son effet vasoconstricteur, permettrait de mieux supporter le froid très vif des plateaux andins.

Excellent antalgique, elle calmerait également les rages de dents, et son alcalinité supprimerait les aigreurs d'estomac. Ajoutons enfin que l'on continue à l'utiliser, sous forme de cataplasmes (faits de feuilles mâchées), pour soigner les rhumatismes et les luxations.


Vente des feuilles de coca au Perou

Mineurs boliviens mastiquant la coca.

cience que les drogues traditionnelles ont moins d'effets nocifs que les drogues chimiques — héroïne surtout — ou les drogues empruntées au monde occidental : tabac, alcool, médicaments détournés de leur usage. Dans ce cas au moins, il leur semble plus important de s'attaquer aux causes de l'abus du produit qu'au produit lui-même.

Drogues anciennes et nouvelles religions. Il arrive que certaines drogues, normalement interdites dans un pays, puissent être autorisées dans le cadre limité de pratiques religieuses. C'est le cas, par exemple, du peyotl aux Etats-Unis. Beaucoup d'Indiens taos se sont convertis à la *Native American Church*, une Eglise dont la doctrine synchrétique est un mélange de christianisme et de religion indienne. La liturgie, centrée sur la quête de la "vision", fait tout naturellement appel au peyotl. Comme cette cactée ne pousse pas sur le territoire des Indiens du Nord, ce sont les tribus des plaines du Sud qui ravitaillent l'ensemble des fidèles (plusieurs centaines de milliers). Par l'*Indian Religious Freedom Act*, adopté en août 1978 malgré l'opposition de la population blanche, le gouvernement des Etats-Unis s'est engagé à garantir le libre exercice des pratiques religieuses indiennes, autorisant de ce fait implicitement la consommation de peyotl. Depuis que l'administration centrale, à l'instigation des présidents Reagan et Bush, a déclaré une guerre totale à la drogue, des voix se sont élevées qui réclament l'abolition du privilège accordé à la *Native American Church*. Si elles sont entendues, on verra probablement ce culte se réfugier dans la clandestinité, et les *mescal buttons* acquérir l'attrait irrésistible des fruits défendus.

Au Pakistan, l'héroïne remplace l'opium

Au Brésil, c'est l'ayahuasca qui est utilisé à des fins religieuses. Deux Eglises néo-chrétiennes, l'une fondée en 1935, l'autre en 1962, l'ont intégré dans leurs rites. L'antenne du *Narcotic Bureau* installée à l'ambassade des Etats-Unis ayant demandé aux autorités brésiliennes d'inscrire l'ayahuasca sur la liste des substances interdites, le gouvernement chargea l'ethnologue Anthony Henmann de mener une enquête sur l'usage qui était fait de la plante en question et sur les risques sanitaires qu'elle pouvait présenter.

Durant plusieurs mois, Henmann se transforma en adepte des deux sectes. Il put ainsi vérifier que non seulement l'ayahuasca n'était pas consommé en dehors des exercices du culte, mais que les deux Eglises proscrivaient énergiquement tout autre drogue, y compris le tabac et l'alcool. Le breuvage cher aux Indiens d'Amazonie était absorbé au cours de nuits entièrement consacrées aux chants et à la danse, et les visions des participants étaient contrôlées par les ministres du culte de façon à ce qu'elles convergent vers une vision commune conforme aux principes de l'Eglise. Henmann conclut donc qu'un tel usage de la drogue n'était pas dangereux pour la société et qu'une interdiction, en conférant aux sectes l'auréole du martyre, ne ferait que les rendre encore plus populaires.

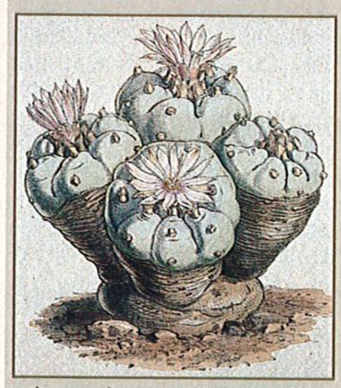
Une drogue chasse l'autre. Il existe une autre raison de se montrer tolérant à l'égard des drogues traditionnelles : les interdire, c'est souvent ouvrir la porte à d'autres produits, infiniment plus toxiques. C'est ce qui est arrivé au Pakistan à la fin des années 70. Il y avait dans ce pays deux productions d'opium : une production légale, destinée aux consommateurs nationaux, et une clandestine, exportée à l'étranger (notamment en Turquie et en Iran) pour y être transformée en héroïne. En 1979, la dictature militaire du général Zia, soucieuse de renforcer le caractère islamique du pays, interdit la commercialisation et l'usage de l'opium. Les 330 points de vente qui approvisionnaient 350 000 clients réguliers (sur une population de 90 millions d'habitants) furent fermés. Tout trafiquant devenait passible de cinq années d'emprisonnement, de trente coups de fouet et d'une lourde amende. En 1983, la peine de prison fut portée à vingt-cinq ans pour toute personne détenant, en vue de la revente, plus d'un kilo d'opium ou de dix grammes d'héroïne.

Les paysans pakistanais continuèrent néanmoins de cultiver clandestinement le pavot. Mais, sur ces entrefaites, éclata en Iran la révolution islamique qui désorganisa les circuits d'écoulement. Les trafiquants se retrouvèrent avec d'énormes stocks d'opium sur les bras, qu'ils transformèrent en héroïne, une substance plus commode à transporter et à dissimuler, et surtout plus facile à écouler et d'un meilleur rapport. Dans le même temps, les consommateurs d'opium pakistanais, privés de leur drogue familière, se mirent en quête d'un produit de substitution et se rabattirent tout naturellement sur l'héroïne disponible sur le marché. La poudre, qu'il est possible de fumer mélangée au tabac, connut un succès fulgurant : alors qu'il n'y avait que 5 000 héroïnomanes en 1980, ils étaient déjà 365 000 en 1985, et sont plus d'un million aujourd'hui. Et même si la culture du pavot est, à l'heure actuelle, en voie de régression au Pakistan, elle a pris une extension considérable dans le pays voisin, l'Afghanistan, où, du fait de la guerre, de nombreux territoires échappent encore à tout contrôle. Bref, en quelques années, on est passé d'une consommation d'opium "modérée" à une toxicomanie destructrice.

Interdiction ici, tolérance là. Tout observateur objectif du monde de la drogue ne peut qu'être frappé par l'étonnante relativité de la notion même de drogue. Ainsi les psychotropes traditionnels du Tiers-Monde (opium, coca, cannabis...) sont considérés en Occident comme de dangereux toxiques et, comme tels, rigoureusement prohibés, tandis

(suite du texte page 36)

LE DIEU PEYOTL ET LA LIANE DES SONGES



Le peyotl — mot d'origine aztèque — est un petit cactus que l'on trouve dans les sables des hauts plateaux du Mexique septentrional et dans la région du Rio Grande, au Texas. On le consomme en découpant des tranches, horizontalement, sur la partie supérieure de la plante, sans arracher celle-ci. Une ou deux heures après l'ingestion, surviennent des visions colorées, sous forme de dessins géométriques, de combinaisons kaléidoscopiques ou de scènes animées, le tout accompagné d'hallucinations auditives et d'une sensation de dédoublement de la personnalité, sans que soit perdu pour autant le contact avec la réalité.

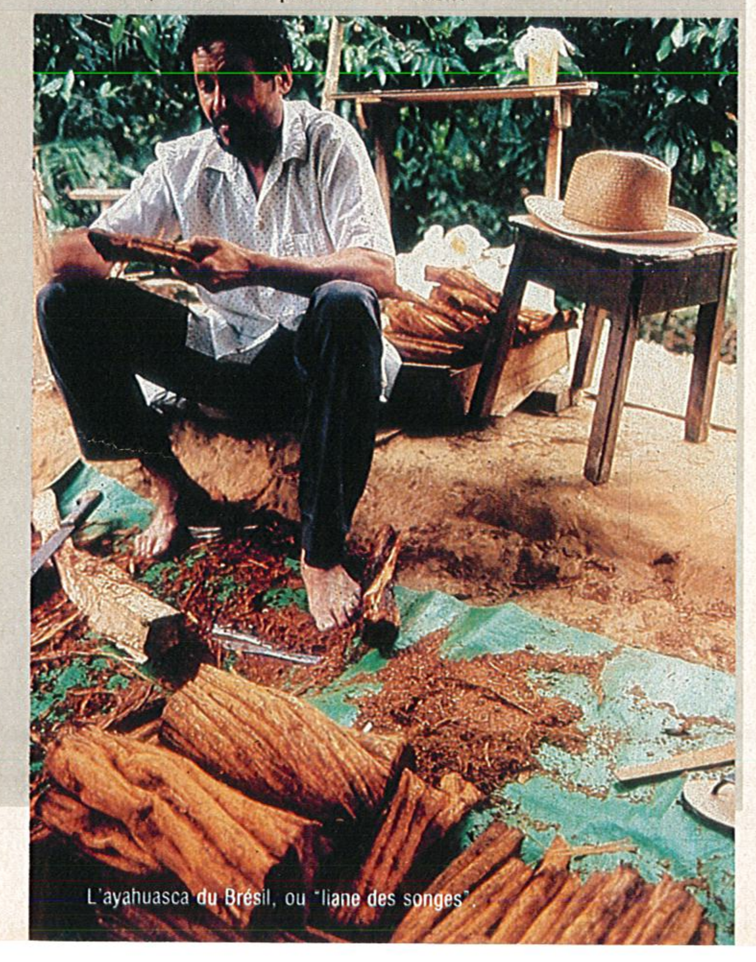
Les principaux utilisateurs de peyotl sont les Coras, les Tepehuanes, les Tarahumares et surtout les Huichols. Vers le milieu du XIXe siècle, ils l'ont transmis aux tribus indiennes du Nouveau-Mexique : Comanches, Apaches, Kiowas, Taos et Navajos. Aujourd'hui, il n'est consommé qu'à certaines époques de l'année, lors de cérémonies à caractère religieux.

Chez les Huichols, par exemple, la récolte du maïs est l'occasion d'un pélerinage initiatique aux rites immuables. Les participants, au nombre de huit comme les planètes que l'on connaissait dans l'Antiquité, ou de douze comme les signes du zodiaque, sont désignés par les initiés de la tribu. Leur départ est précédé d'un hommage à Ta'Licao, le Père Soleil, et de la désignation du gardien du feu, qui devra veiller sur la flamme sacrée et tenir à jour la corde à quinze nœuds de l'écoulement du temps. Pendant le voyage, les "élus" devront s'abstenir de tout rapport sexuel, de toute ablution corporelle, ainsi que de l'usage du sel. En revanche, ils devront accomplir, en différents points de l'itinéraire, des exercices de purification fort complexes, à l'issue desquels ils auront enfin le droit de consommer le peyotl pour la première fois. Cela doit leur permettre de voir le Cerf surnaturel et le Grand Jiculi (ou dieu Peyotl). Il ne s'agit donc nullement d'une recherche de sensations fortes, mais plutôt d'une quête mystique des valeurs spirituelles.

Les Indiens du Mexique utilisent également le peyotl comme plante médicinale, car, pour eux, une plante d'essence divine possède forcément des pouvoir particuliers. Aussi son administration s'accompagne-t-elle de rites magiques. Ses indications sont multiples : les Nayares le font macérer dans de l'alcool et emploient cette décoction en frictions contre les rhumatismes ; les Tarahumares, après l'avoir mâché et imprégné de salive, l'appliquent sur les brûlures, les piqûres d'insecte et les morsures de serpent (son efficacité contre le venin des scorpions et des reptiles a été scientifiquement vérifiée) ; les Kiowas s'en servent pour soigner les maux de tête, les hémorragies et les fièvres de toute nature. Enfin, certains en prennent entre les repas, en guise de quinquina, comme tonique apéritif.

Moins connu que le peyotl, l'ayahuasca joue un rôle analogue dans les sociétés indiennes de l'Amazonie. Pour les indigènes, cette liane qui croît dans les profondeurs de la forêt vierge donne à ceux qui en consomment le pouvoir de communiquer avec les âmes des morts et les esprits de la nature. D'où son nom de "liane des songes" ou de "liane des esprits". Elle permet aussi d'entrevoir l'avenir, de connaître ses ennemis et de communiquer à distance.

Selon le Dr Reinburg, qui a étudié l'usage qu'en font les indigènes, l'ayahuasca est généralement absorbé sous forme de boisson, de préférence dans l'obscurité et le silence « afin que son action soit plus efficace et que la faculté divinatoire se manifeste sans entrave ». Il est toutefois réservé aux seuls initiés, car la moindre erreur de dosage peut être fatale. C'est la raison pour laquelle il est souvent mélangé au yajé, une autre liane qui a des effets comparables mais dont la toxicité est plus faible.



L'ayahuasca du Brésil, ou "liane des songes".

LE KHAT, MEDIATEUR DE LA CONVIVIALITE

Bien qu'il n'ait pas les vertus médicinales de la coca, ni ses pouvoirs magiques, le khat s'en rapproche tant par ses effets stimulants que par le rôle social qu'il a acquis dans les régions où il est consommé, c'est-à-dire essentiellement dans l'est de l'Afrique et dans la partie sud-ouest de la péninsule arabique.

Stimulant, il l'est grâce à sa substance active, la cathinone, que les pharmacologues rangent parmi les amphétamines naturelles. Selon la légende, ce sont deux anges qui auraient révélé à une assemblée de croyants les propriétés de la plante, afin qu'ils puissent résister au sommeil pendant leurs prières. Mais, plus encore qu'un excitant, le khat est un facteur de convivialité et d'intégration sociale. Il ne viendrait en effet à l'idée de personne de "chiquer" des feuilles de khat en solitaire. Son usage n'est concevable qu'en groupe, lors de longues réunions, en particulier pendant les heures les plus chaudes de l'après-midi.

A Saana (Yemen du Nord), ces séances collectives sont souvent accompagnées de musique traditionnelle



et obéissent à un cérémonial très précis : elles débutent par un assaut d'humour entre les participants, se poursuivent par la discussion de sujets sérieux et s'achèvent en méditation, le silence prenant peu à peu le pas sur les paroles. Comme le fait remarquer l'ethnologue Jean Lambert, « ce qui se joue là n'a absolument rien à voir avec les effets du khat ; il semble que l'on ait affaire à une sorte de ritualisation du plaisir d'être ensemble et de tentative de codification du temps. »



que les psychotropes en usage chez nous (tabac, alcool, tranquillisants...) bénéficient d'une grande indulgence et sont accessibles à tous les adultes. Pourtant, rien qu'en France, l'alcool tue chaque année entre 30 000 et 40 000 personnes, et le tabac près de 70 000, alors que toutes les drogues illicites réunies font moins de 1 000 victimes. Il n'empêche que, dans la mentalité occidentale, l'alcool n'est pas une drogue, alors que le haschisch, par exemple, en est une et, à ce titre, mérite la plus vive réprobation.

Dans le monde musulman, c'est exactement le contraire : la consommation d'alcool est sévèrement condamnée, alors que celle de cannabis est tolérée. On peut donc dire que le degré d'acceptation des drogues traditionnelles dépend du contexte socio-culturel dans lequel elles sont prises. C'est pourquoi l'usage d'une substance en dehors du milieu où elle est coutumière, aboutit fréquemment à des excès désastreux. Ainsi l'alcool a fait et continue de faire des ravages chez les Indiens d'Amérique parce qu'ils ne se satisfont pas du bien-être qu'il peut procurer, mais cherchent dès l'abord à sombrer le plus vite possible dans l'inconscience. De même les Occidentaux qui utilisent l'opium ou le cannabis, sont plus intéressés par l'euphorie temporaire que ces substances peuvent prodiguer, que par la fusion avec la divinité, la fraternité du groupe ou la guérison des rhumatismes.

A y réfléchir, les pays du Tiers-Monde ont moins à redouter leurs drogues traditionnelles que les drogues "exotiques" qu'ils importent en quantités toujours plus importantes de l'Occident. En 1972, ils dépensaient environ 325 millions de dollars pour l'achat de boissons alcoolisées ; en 1980, ce chiffre dépassait 1,3 milliard de dollars. Au Penjab, riche Etat du nord-est de l'Inde, la progression est phénoménale : les dépenses pour la consommation d'alcool se sont accrues de façon vertigi-

(suite du texte page 172)

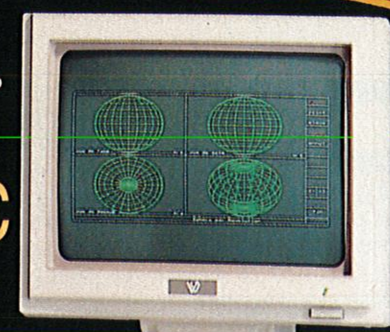
BATISSEZ VOTRE AVENIR SUR DU SOLIDE

286 CARACTERISTIQUES :

Boitier universel dessiné en France - Carte mère 80286/12 Mhz. avec **1 Mo** de RAM extensible - Lecteur de disquettes 5"1/4 1,2 Mo ou 3"1/2 1,44 Mo au choix - Sortie imprimante parallèle et port série - **Carte et moniteur COULEUR 14"** haute résolution VGA Clavier 102 touches - Manuel et DOS - Disque dur **20 Mo** (Option professionnelle : Disque dur 40 Mo en remplacement du DD 20 Mo : 990,00 FHT)

9 990 F TTC

Pour l'achat d'une de ces configurations AZ COMPUTER vous offre un CADEAU d'une valeur de 1490 F TTC *





CES ORDINATEURS SONT DISPONIBLES CHEZ AZ COMPUTER

AZ COMPUTER LAFAYETTE
24, rue Lamartine - 75009 PARIS
Tél. : 42 85 23 69

AZ COMPUTER SORBONNE
22, rue des Ecoles - 75005 PARIS
Tél. : 40 51 04 08

AZ COMPUTER BASTILLE
35, Bd. Bourdon - 75004 PARIS
Tél. : 40 27 81 07

AZ COMPUTER BALARD
99, rue Balard - 75015 PARIS
Tél. : 45 54 29 52/24 33

AZ COMPUTER ST LAZARE
58, rue de Rome - 75008 PARIS
Tél. : 42 93 24 67

AZ COMPUTER MONTPARNASSE
69, rue de Vaugirard - 75006 PARIS
Tél. : 45 44 86 45

AZ COMPUTER PARIS SUD
Z.A. des Montatons - 30, rue Denis Papin
91240 ST MICHEL SUR ORGE
Tél. : 60 16 56 57

AZ COMPUTER LYON
44, avenue Berthelot - 69007 LYON
Tél. : 78 72 21 10

AZ COMPUTER BORDEAUX
17, cours du Chapeau Rouge
33000 BORDEAUX
Tél. : 56 51 00 25

AZ COMPUTER TOULOUSE
Tél. : 61 92 59 08

* OFFRE VALABLE DU 1/10/90 au 31/12/90 DANS TOUS LES MAGASINS AZ COMPUTER



ON AVAIT OUBLIÉ LA FORCE D'AMPÈRE

Y aurait-il, cachée dans les fils électriques, une force inconnue ? Plusieurs expériences sont incompréhensibles dans le cadre de la théorie électromagnétique actuelle ; on ne peut les expliquer qu'en faisant appel à une force découverte par Ampère il y a cent soixante-dix ans, et oubliée depuis. C'est, dit-on, dans les vieux chaudrons qu'on fait la meilleure cuisine. Pourquoi pas en physique aussi !

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

Ce n'est pas tous les jours que l'on découvre — ou redécouvre en l'occurence — une nouvelle force ! La force répulsive d'Ampère, que certains physiciens exhument aujourd'hui, s'exerce au sein des courants électriques, et pourtant la théorie électromagnétique moderne en ignore l'existence ! Si cette découverte se confirme (la question n'est pas définitivement tranchée), son enjeu est majeur : il faudra revoir toutes les conceptions actuelles du courant. Mais surtout, qui peut dire les conséquences pratiques, industrielles, économiques, d'une nouvelle force ?

Pour comprendre de quoi il s'agit, il nous faut donc faire un retour en arrière de cent soixante-dix ans. Nous sommes en juillet 1820. Le physicien danois Hans Christian Oersted place une boussole à côté d'un circuit électrique et constate que l'aiguille aimantée est déviée. Un fait en apparence anodin, mais pourtant lourd de conséquences : il prouve en effet de façon irréfutable que l'électricité et le magnétisme, que l'on considérait jusqu'alors comme deux phénomènes indépendants, sont intimement liés. C'est la naissance de l'électromagnétisme.

A l'annonce de la nouvelle, la première réaction en France est l'incrédulité. Mais, le 4 septembre 1820, à l'Académie des sciences, à Paris, François Arago reconstitue, à l'intention de ses collègues, l'expérience d'Oersted. Pour André-Marie Ampère, présent à cette mémorable séance, c'est l'illumination : sitôt de retour dans son laboratoire de la rue des Fossés-Saint-Victor, il se jette à corps perdu dans une recherche conceptuelle et expérimentale, et édifie en quelques jours une théorie complète de de l'action magnétique des courants électriques.

Bien sûr, il n'est pas le seul que la découverte d'Oersted ait enflammé. Dans toute l'Europe, scientifiques et amateurs éclairés semblent pris d'une véritable frénésie spéculative : l'expérience de l'aiguille aimantée est cent fois répétée, et toutes sortes d'hypothèses sont formulées sur les effets magnétiques de l'électricité ou les effets électriques des aimants. Car, si l'on accepte la jonction du magnétisme et de l'électricité, on n'est pas encore

UN DISTRAIT DE GÉNIE

Né à Pleymieux, près de Lyon, le 22 janvier 1775, André-Marie Ampère n'est jamais allé à l'école. Son père, un riche bourgeois admirateur de Jean-Jacques Rousseau, souhaitait qu'il fît lui-même son éducation, guidé seulement par ses goûts et ses lectures. De sa jeunesse solitaire et libre, Ampère a conservé toute sa vie une curiosité universelle et passionnée. A quatorze ans il lit les 20 volumes de *l'Encyclopédie* de Diderot. A dix-huit ans, il conçoit le projet d'une langue universelle afin de favoriser la paix entre les peuples. Mais surtout il découvre les mathématiques, pour lesquelles il montre des dispositions prodigieuses.

Professeur à l'école centrale de Bourg-en-Bresse en 1801, il y écrit son premier ouvrage important : *Considérations sur la théorie mathémati-*



Il commence par refaire l'expérience d'Oersted, mais hors de l'influence du champ magnétique terrestre (pour la circonstance, il invente un procédé qui permet de s'y soustraire), et constate que l'aiguille aimantée se place alors perpendiculairement au fil du circuit. Poussant plus loin ses investigations, il se rend compte que le courant (on disait alors le "conflit électrique", le mot "courant" étant lui aussi une création ampérienne) qui se trouve à l'intérieur de la pile de l'expérience est le même que celui qui parcourt le conducteur extérieur. Cela nous semble aujourd'hui une évidence, mais, pour l'époque, c'était une révélation, car on était persuadé que les

très fixé sur la façon d'intégrer les deux phénomènes. Le magnétisme est-il une forme d'électricité, ou l'électricité dérive-t-elle du magnétisme ? Impossible de trancher avec les connaissances du moment. Cependant, on incline à privilégier le magnétisme, pour la simple raison qu'on le connaît davantage, et qu'il paraît naturel d'expliquer l'inconnu à partir du connu. Nombreux sont ceux qui pensent que la déviation de l'aiguille lorsque l'expérience fonctionne est due à l'aimantation du conducteur : pour eux, la force qui s'exèrce est donc magnétique.

Rien de tel chez Ampère. Son coup de génie est d'avoir choisi une démarche à contre-courant (si l'on ose dire !) et de s'y être tenu obstinément. Pour lui, « le fait primitif est une force électrique, et tous les phénomènes magnétiques doivent s'y ramener ». Hypothèse extraordinairement féconde, qui va lui permettre de poser, en deux semaines, les bases de l'électrodynamique (un mot inventé par lui).

deux "conflits" n'étaient pas de même nature et avaient des propriétés différentes.

Dans la foulée, Ampère donne une nouvelle définition du courant électrique et conseille aux physiciens « de mettre une aiguille aimantée sur leur pile, afin de reconnaître par ses mouvements si le courant est bien établi et quelle est son énergie ». Il venait d'inventer le galvanomètre, appareil de mesure encore en usage de nos jours. Il ajoute que la position de l'aiguille peut également donner le sens du courant. C'est la fameuse règle dite "du bonhomme d'Ampère", toujours enseignée dans les lycées.

Ce n'est pas tout : poursuivant son idée fixe, selon laquelle le fait primordial est la force électrique, il considère que le magnétisme n'est qu'un cas particulier du phénomène électricité. En conséquence, il imagine que « les aimants doivent leurs propriétés à des courants électriques dans des plans perpendiculaires à leur axe ». Et, partant de

que des jeux. Le succès du livre lui vaut d'obtenir un poste de répétiteur à l'Ecole polytechnique de Paris (1804). Mais il n'est pas homme à se cantonner dans un seul domaine. Se prenant de passion pour la chimie, il établit que le fluor, le chlore et l'iode sont des corps simples, et cherche à donner une expression mathématique aux règles de combinaison des éléments. Il s'intéresse aussi à la psychologie et par dessus tout à la philosophie.

Professionnellement, son ascension est rapide : membre consultatif des Arts et Métiers (1806), inspecteur général de l'Université (1808), professeur d'analyse à l'Ecole polytechnique (1809), membre de l'Institut (1814) et bientôt membre de toutes les sociétés savantes d'Europe, il cumule les honneurs et les fonctions, mais ne se trouve à l'aise que dans son petit laboratoire de la rue des Fossés-Saint-Victor, à Paris, où il peut se livrer en paix à toutes sortes d'expériences.

Peu doué pour les relations sociales, ignorant les usages du monde, affligé d'une distraction proverbiale et totalement désintéressé de sa gloire présente ou posthume, il n'a rien d'un mandarin ni d'un notable. Mais ce n'est pas non plus un savant solitaire enfermé dans sa tour d'ivoire, indifférent aux problèmes d'autrui et aux passions humaines. Sa vie est celle d'un homme sensible, sentimental même, impulsif et passionné. Un professeur Nimbus peut-être, mais avant tout un génie à la personnalité attachante.

ce modèle (l'aimant constitué de minuscules courants circulaires), il postule que des fils conducteurs en forme de spirale devraient produire les mêmes effets que des aimants. Après vérification et démonstration du bien-fondé de son hypothèse, il baptise ces montages hélicoïdaux : "solénoïdes" (ou bobines).

Toutes ces découvertes, ces inventions et ces idées révolutionnaires sont transmises à l'Académie des sciences le 18 septembre 1820, soit, répétons-le, quinze jours seulement après la présentation par Arago de l'expérience d'Oersted : l'essentiel de ses recherches, Ampère l'a accompli chez lui, à sa table de travail et dans son petit laboratoire privé, d'abord avec sa pile de Volta, puis avec une pile plus puissante qu'il a payée de ses propres deniers.

Est-ce le courant qui crée le champ, ou l'inverse ?

Dans les semaines qui suivent, il s'intéresse essentiellement aux interactions entre deux fils conducteurs parallèles, proches l'un de l'autre et parcourus par un courant. Rapidement, il énonce une règle capitale : « Deux courants rectilignes, parallèles et de même sens s'attirent ; deux courants de sens contraire se repoussent. » Mais ce qui le préoccupe avant tout, c'est de trouver la loi mathématique régissant cette force qui s'exerce entre deux courants. Il pense en effet qu'une telle loi fournirait la clé de tout l'électromagnétisme, puisque les interactions entre courants et aimants ou entre aimants sont, selon son hypothèse de départ, assimilables à des interactions entre courants (***encadré ci-contre***).

Mais, dans cette quête de la formule magique, il a un concurrent : Jean-Baptiste Biot, un physicien qui fait autorité et qui, de surcroît, est un farouche partisan de la "magnétisation des courants". D'après cette théorie, les fils électriques sont comme entourés de petites aiguilles aimantées (ce qui explique leur attirance ou leur répulsion), tandis que pour Ampère, nous l'avons dit, ce sont les molécules des aimants qui sont entourées de minuscules courants circulaires. En somme, deux conceptions diamétralement opposées [1].

Durant les derniers mois de l'année 1820, les deux rivaux engagent une course contre la montre : c'est à qui découvrira le premier la loi fondamentale de l'électromagnétisme. Finalement, ils y parviennent à peu près en même temps : en janvier 1821, ils proposent chacun leur formule. Celles-ci sont, bien entendu, fort différentes, puisqu'elles partent de préalables opposés ; mais, à l'examen, celle d'Ampère paraît plus générale et plus rigoureuse. Pourtant la postérité ne la retiendra pas...

Dans son célèbre mémoire *Sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*, publié en 1827, Ampère expose sa loi et décrit la méthode qu'il a utilisée pour en découvrir les termes. « Observer d'abord les faits, en varier les circonstances autant qu'il est possible, accompagner ce premier travail de mesures précises pour en tirer des lois générales uniquement fondées sur l'expérience, et déduire de ces lois, indépendamment de

(1) L'avenir donnera raison à Ampère, puisque les propriétés magnétiques de la matière sont expliquées aujourd'hui par les mouvements orbitaux des électrons (porteurs d'une charge électrique) dans les atomes.

AMPÈRE, LAPLACE : DEUX FORCES

Lorsqu'un courant électrique circule dans deux fils électriques parallèles, ceux-ci s'attirent quand le courant est dans le même sens, et se repoussent quand le courant d'un fil est dans le sens opposé à celui de l'autre (**1**).

Ampère, en 1820, donna la formule mathématique de la force s'exerçant entre deux éléments de courant infiniment petits (**2**). Il montra que cette force est proportionnelle aux densités de courant (i et i') des deux éléments (dm dans le fil A et dn dans le fil B); inversement proportionnelle au carré de la distance (r) séparant les deux éléments ; et dépend de l'orientation de ces deux éléments l'un par rapport à l'autre, qui se définit par les trois angles ε (entre les deux éléments), α (entre dm et la droite reliant les deux éléments et β (entre dn et cette droite). La formule s'écrit :

$F_{dmdn} = - ii' (2\cos\varepsilon - 3 \cos\alpha \cos\beta)\, dm dn/r^2$

Pour connaître la force réelle entre les deux fils, il faut donc faire la somme (en langage mathématique, on dit l'intégrale) de toutes les petites forces élémentaires qui s'exercent entre chaque élément de courant d'un fil et chacun de ceux du fil opposé.

Voyons ce que donne cette force pour trois positions relatives des éléments dm et dn.

- Cas 1. dm et dn sont parallèles et de même sens (**1**), c'est-à-dire que $\varepsilon = 0$, $\alpha = 90°$, $\beta = 90°$; alors $F = -2ii'\, dm\, dn/r^2$; la force est négative, c'est donc une attraction.
- Cas 2. dm est perpendiculaire à dn, c'est-à-dire que $\varepsilon = 90°$, $\alpha = 90°$, $\beta = 0°$; dans ce cas, $F=0$.
- Cas 3. dm et dn sont colinéaires, c'est-à-dire que $\varepsilon = 0$, $\alpha = 0$, $\beta = 0$; dans ce cas, $F = ii'\, dm\, dn/r^2$.

La force étant positive, il s'agit d'une répulsion. Ce dernier cas est le plus surprenant : les éléments de courant colinéaires — dans le prolongement l'un de l'autre — d'un même fil se repoussent, d'où une tension interne dans les conducteurs...

Cette composante répulsive de la force d'Ampère n'apparaît pas dans l'électromagnétisme moderne. Oubliée pendant plus d'un siècle, elle refait surface aujourd'hui, semble-t-il, dans plusieurs expériences.

Depuis Maxwell, en 1865, la force entre courants électriques se décrit en termes de "champ" : chaque courant engendre tout autour de lui un champ magnétique. D'autre part, un courant soumis à un champ magnétique subit

toute hypothèse sur la nature des forces qui produisent les phénomènes, la valeur mathématique de ces forces, c'est-à-dire la formule qui les représente, telle est la marche qu'a suivie Newton, et c'est elle qui m'a servi de guide dans toutes mes recherches sur les phénomènes électrodynamiques. » Difficile de définir de façon plus concise et plus pertinente la conduite à tenir dans toute recherche scientifique digne de ce nom. Quoi qu'on puisse penser du résultat, il y a là une logique et une exigence qui ont forcé l'admiration de générations de physiciens.

Venons-en à présent à cette loi si scrupuleusement élaborée. Que dit-elle ? Elle donne la force qui s'exerce entre deux "éléments de courant", c'est-à-dire entre deux minuscules tronçons de conducteur (Ampère ne connaissait pas la constitution intime de la matière, et ignorait donc l'atome et l'électron ; c'est pour les besoins de sa formule qu'il décompose le courant en fractions infinitésimales, sortes de "grains" de courant contenus dans des parcelles de conducteur).

Pour connaître la force qui s'exerce entre deux fils électriques proches, il suffit d'effectuer une "intégration", c'est-à-dire une opération mathématique consistant, grosso modo, à additionner l'action de tous les éléments de courant du circuit.

Cette loi n'est pas sans rappeler celle de Newton sur la gravitation ou celle de Coulomb sur l'électrostatique, à cette différence près qu'avec un courant, on ne peut pas tout ramener à des forces ponctuelles (comme avec les masses ou les champs électriques), puisque l'on a affaire à des "éléments" qui, bien qu'infiniment petits, ont une direction et un sens. Voilà pourquoi la formule d'Ampère (pour le détail ***voir encadré ci-dessous***) tient compte des angles sous lesquels se présentent, l'un par rapport à l'autre, les deux éléments de courant. Cette réserve mise à part, la force en question a des allures tout à fait "newtoniennes" : elle agit entre les deux éléments suivant la droite qui les joint ; elle respecte le principe de l'égalité de l'action et de la réaction (l'action d'un élément de courant sur un autre est rigoureusement égale à l'action de ce second élément sur le premier) ; enfin, elle s'exerce instantanément à distance, et non par propagation de proche en proche.

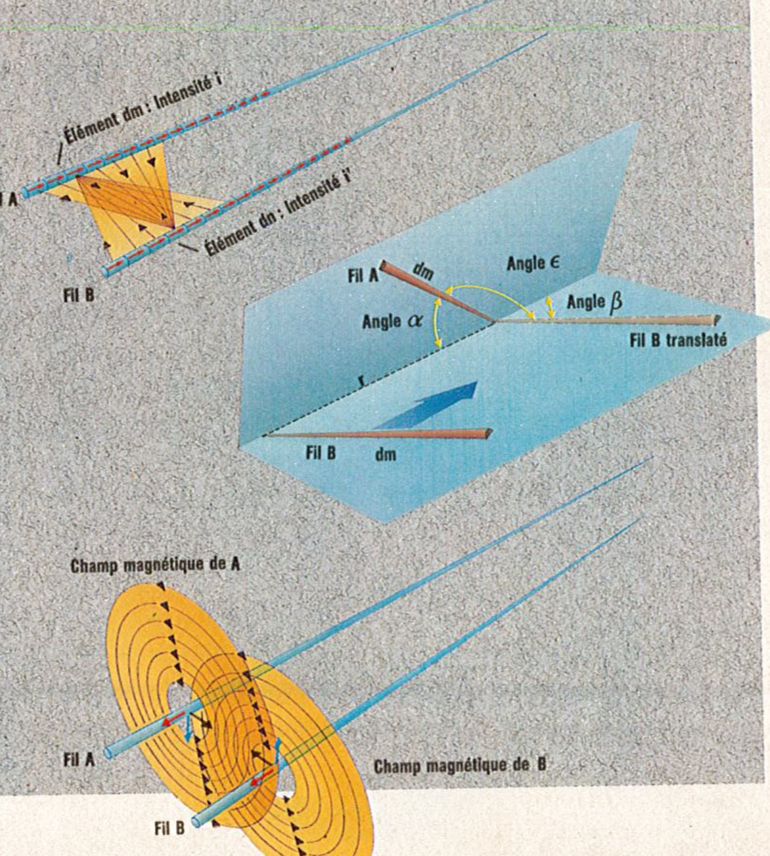
Dernière remarque : la loi d'Ampère est fondamentalement une relation mathématique. Elle ne se préoccupe nullement de la nature du courant ni de celle des éléments de courant, se contentant de quantifier ce qu'enseigne l'expérience, c'est-à-dire ce que tout observateur peut constater. Aussi, quoi

QUI N'EN FONT QU'UNE

une force dite de Laplace (**3**). Le fil A étant plongé dans le champ magnétique créé par le courant du fil B, subit donc la force de La place. Elle est perpendiculaire à la fois à la direction du courant (***flèches rouges***) et à celle du champ magnétique (***flèches bleues***). Le sens de cette force électromagnétique (***flèches noires***) est régi par la "règle des trois doigts de la main droite" : si le pouce indique le sens du courant dans le fil et l'index le sens du champ magnétique, alors le majeur donne le sens de la force créée par ce champ sur ce courant. Bien sûr, le fil B, plongé dans le champ magnétique créé par A, est aussi soumis à une force de Laplace.

On voit que les forces de Laplace tendent à rapprocher les courants de même sens et à écarter ceux de sens contraires (on suppose les courants, et donc leurs champs, constants, et on ne tient pas compte des effets d'induction et d'autoinduction).

La force d'Ampère et la force de Laplace sont bien équivalentes pour rendre compte de ce qui se passe entre ces deux fils : la première s'exerce directement entre éléments de courant alors que la seconde fait appel au champ magnétique.



que l'on puisse trouver plus tard sur la nature de l'électricité, Ampère est convaincu que sa loi restera toujours valable. Une telle assurance ne confine-t-elle pas à la présomption ? Non, car il semble bien, aujourd'hui, qu'il ait vu juste.

Mais n'anticipons pas et revenons plutôt au contenu de la loi. Lorsque l'on parle de la force qui s'exerce entre deux éléments de courant, on pense généralement à celle qui se manifeste entre deux fils conducteurs proches, ou entre un fil et un aimant, voire entre deux aimants. Mais on oublie complètement que les deux éléments peuvent aussi se trouver dans le même conducteur. Or, la loi d'Ampère prévoit expressément ce cas et en donne la résultante, surprenante : lorsque deux éléments de courant sont colinéaires, c'est-à-dire alignés, la force qui s'exerce entre eux est répulsive (*voir encadré p. 40*). Conclusion évidente, qu'Ampère tire lui-même de sa formule : un fil électrique, étant par définition composé d'une suite d'éléments de courant alignés, est le siège d'une force électrique interne longitudinale et répulsive. En clair, quand un conducteur est parcouru par un courant, ses "éléments" (quelle que soit la réalité physique que ce mot désigne) tendent à se repousser les uns les autres, comme un collier dont toutes les perles chercheraient mutuellement à se fuir.

Mais comment démontrer cette curieuse réaction directement issue de la stricte application de sa loi ? Dans un fil électrique, en effet, comme d'ailleurs dans tout conducteur solide, la cohésion des molécules est telle que la répulsion longitudinale n'entraîne ordinairement aucun mouvement apparent. Tout au plus provoque-t-elle une sorte de tension interne (le mot "tension" doit être pris ici dans son sens mécanique de force, et non dans son sens électrique de différence de potentiel) qui échappe à l'observation. Aussi Ampère imagine-t-il d'utiliser un conducteur liquide, le mercure. Il monte une expérience dans laquelle un élément mobile, conducteur lui-même (en forme d'épingle à cheveux), peut librement se déplacer dans le métal fluide, et ça marche : le déplacement de l'épingle conductrice montre clairement qu'il y a répulsion (*voir encadré ci-contre*).

Au départ, Ampère n'avait nullement pressenti qu'il pût exister une force répulsive à l'intérieur même des conducteurs. Celle-ci n'est qu'une des conséquences de sa loi, et, s'il l'a mentionnée et étudiée, c'est uniquement parce qu'il voulait examiner tous les cas d'application de sa formule. Or, à ce jour, personne n'est jamais parvenu à mettre en défaut cette loi, ni sur le plan théorique, ni sur le plan expérimental. Si elle est tombée en désuétude, c'est simplement parce qu'elle a été remplacée par d'autres théories plus générales et plus fécondes. Inutilisée, elle n'est pas pour autant devenue inutilisable ; voilà pourquoi elle refait surface aujourd'hui.

Le lecteur qui a conservé quelques souvenirs des cours de physique de son lycée, aura sans doute remarqué qu'il n'a été question jusqu'ici d'aucun des grands principes qu'on lui a enseignés : nous n'avons parlé ni de champ magnétique, ni de champ

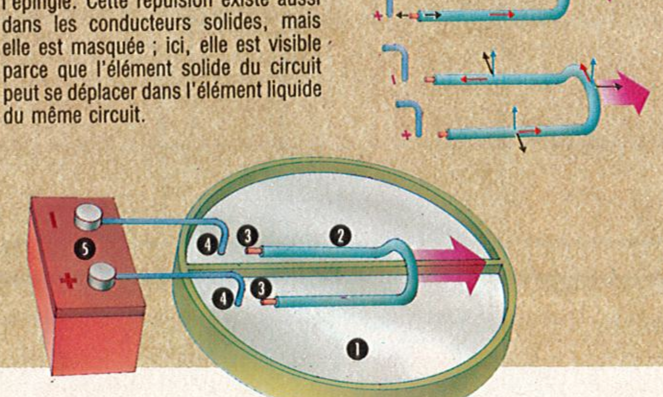
LE COURANT OU LE CHAMP, QU'EST-CE QUI ANIME L'ÉPINGLE À CHEVEUX ?

Pour démontrer l'existence d'une force répulsive à l'intérieur même d'un circuit, Ampère a réalisé l'expérience suivante : dans un bac rempli de mercure **(1)** et partagé en deux compartiments par une cloison centrale, flotte un fil conducteur en forme d'épingle à cheveux **(2)**, dont chacune des branches se trouve dans un compartiment et dont la partie coudée enjambe la cloison. Le fil lui-même est recouvert d'un isolant, sauf à ses deux extrémités **(3)**, qui sont donc en contact avec le mercure. Deux autres fils **(4)**, reliés à une pile **(5)**, trempent également dans le métal liquide. Lorsque l'on ferme le circuit, on voit l'épingle s'éloigner des deux conducteurs raccordés à la pile, et cela quel que soit le sens du courant.

Explication d'Ampère : les éléments de courant situés aux deux extrémités de l'épingle repoussent les élements de courant du mercure, et réciproquement, ce qui fait avancer l'épingle. Cette répulsion existe aussi dans les conducteurs solides, mais elle est masquée ; ici, elle est visible parce que l'élément solide du circuit peut se déplacer dans l'élément liquide du même circuit.

Explication de Maxwell. Depuis que les physiciens se sont ralliés aux théories de Maxwell, l'explication est tout autre : l'épingle, lorsqu'elle est parcourue par le courant, crée autour d'elle un champ magnétique. De ce fait, la partie coudée se trouve plongée dans le champ généré par les deux parties droites et, étant elle-même traversée par le courant, subit une force de Laplace qui la pousse vers le bord du bac (les parties droites sont également soumises à des forces de Laplace, mais qui s'annulent mutuellement, si bien qu'il n'y a pas de mouvement latéral).

Cette deuxième interprétation a fini par s'imposer de manière si exclusive qu'aujourd'hui les manuels d'électricité se servent de l'expérience d'Ampère pour expliquer... la force de Laplace !



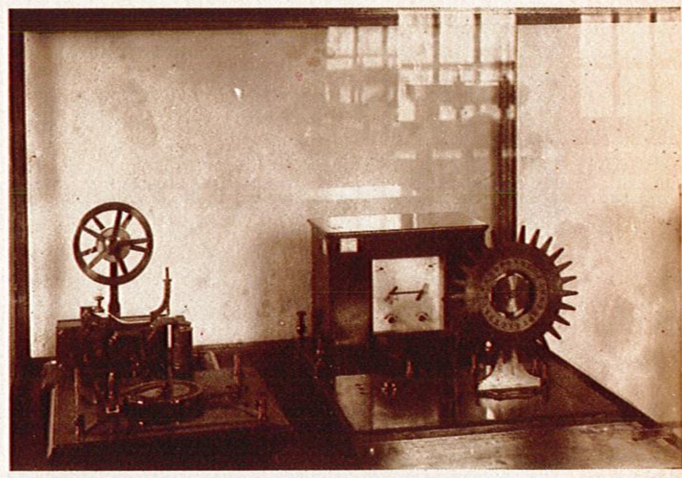
électrique, ni d'induction, etc. Rien d'étonnant à cela, car notre conception actuelle de l'électromagnétisme n'a plus grand-chose à voir avec celle d'Ampère. Grâce à quelques grands physiciens, de nombreux progrès ont été accomplis et de nouvelles notions sont apparues. Rappelons brièvement quelques étapes déterminantes.

En 1831, l'Anglais Michael Faraday découvre l'induction électromagnétique, c'est-à-dire le fait que le magnétisme peut être transformé en électricité. Lorsque, par exemple, un aimant se déplace à travers un circuit fermé, il crée dans ce circuit un courant appelé "courant induit". En 1845, l'Allemand Franz Neumann jette un pont entre Ampère et Faraday en proposant une théorie mathématique de l'induction, dite théorie d'Ampère-Neumann. Mais celle-ci est bien vite supplantée par une vision radicalement différente de la façon dont aimants et courants agissent les uns sur les autres. Au concept purement mécaniste de force est ajouté celui de champ. On ne dit plus désormais, comme Ampère, que les aimants et les courants exercent entre eux, instantanément et à distance, des forces réciproques ; on dit qu'un aimant (ou un courant) engendre autour de lui une modification des propriétés de l'espace appelée champ magnétique, et qu'un courant plongé dans ce champ subit une force dont la direction est perpendiculaire à la fois à celle du champ et à celle du courant. Cette force, baptisée dans sa nouvelle version "force de Laplace", correspond en fait, dans le langage des champs, à celle dont Ampère a défini la loi (***voir encadré p. 40***).

Malgré l'"invention" des champs, les choses restaient assez embrouillées. Prenons l'exemple de deux fils proches parcourus par des courants électriques. Ils créent tous deux leur propre champ magnétique et subissent chacun, du fait du champ de l'autre, une force de Laplace qui, s'ils sont mobiles, tend à les déplacer. Mais, en se mouvant, ils déplacent aussi leur champ magnétique, et modifient donc la force de Laplace qu'ils exercent l'un sur l'autre. De surcroît, leur mouvement à l'intérieur d'un champ occasionne une induction, à la fois dans leur propre circuit et dans celui de l'autre, ce qui fait varier les courants et, par conséquent, les champs magnétiques. Bref, on n'en sort plus...

Heureusement, Maxwell est arrivé et, avec lui, la grande unification de l'électromagnétisme. En énonçant, en 1865, ses fameuses équations, il met enfin de l'ordre dans un fatras inextricable d'observations et de lois. Ces équations, au nombre de quatre, établissent de façon définitive les rapports existant entre champs électriques et champs magnétiques, et permettent d'interpréter tous les phénomènes électromagnétiques.

Curieusement, Maxwell ne jouit pas dans le grand public d'une notoriété comparable à celle d'un Newton ou d'un Einstein. C'est très injuste,



L'appareil télégraphique dont Ampère, inventeur fécond, imagina le principe dès 1820, en utilisant des fils conducteurs et des aiguilles aimantées au nombre des lettres de l'alphabet. Il devait être réalisé par la suite sous une forme un peu différente de celle qu'il avait imaginée.

car il a été lui aussi un "géant" de la physique. Non seulement il a formulé des équations qui sont encore aujourd'hui la bible de tous ceux qui s'intéressent à l'électrostatique, à l'électrocinétique, au magnétisme ou à l'électronique, mais il en a tiré des enseignements qui ont véritablement révolutionné sa discipline. En effet, c'est en résolvant ses propres équations qu'il a trouvé que l'énergie électromagnétique se propageait sous forme d'ondes constituées d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Ayant calculé que la vitesse de ces ondes était à peu près celle de la lumière, il a alors eu, comme l'écrit Louis de Broglie, « l'idée magnifique » que la lumière est elle aussi du rayonnement électromagnétique.

A ce jour, personne n'a mis en défaut la loi d'Ampère

L'hypothèse ondulatoire de Maxwell recevra une éclatante confirmation vingt ans plus tard, quand Hertz parviendra à produire des ondes électromagnétiques à l'aide de moyens électriques. De plus, sa théorie était si avancée qu'elle portait les prémices des idées d'Einstein, et qu'elle n'aura besoin d'aucune retouche pour être compatible avec la relativité.

A la fin du siècle dernier, le physicien hollandais Hendrik Lorentz adapte les équations de Maxwell au monde de l'infiniment petit. De ce fait, l'électromagnétisme comprend maintenant la force de Lorentz, qui n'est autre que l'équivalent, pour les particules en mouvement dans un champ magnétique, de la force de Laplace pour les courants (laquelle, nous l'avons vu, correspondait déjà à la loi d'Ampère pour les éléments de courant). En outre, avec sa

LA BOMBE POSTHUME D'AMPÈRE

De la vulgaire eau du robinet, traversée par un intense courant électrique, peut devenir un projectile aussi rapide qu'une fusée.. C'est ce qu'a montré une expérience spectaculaire réalisée par Peter Graneau, un physicien de l'université de Boston, partisan convaincu de la force d'Ampère (et surtout de sa composante répulsive à l'intérieur des conducteurs).

Le "fût" de son *Water Arc Gun* (littéralement le canon à arc lanceur d'eau) se compose d'un petit cylindre en acier (**1**) de 10 cm de haut et 12 mm de diamètre intérieur. Un barreau de cuivre (**2**) doublement isolé par une feuille de nylon (**3**) et un bloc de résine époxy (**4**) joue le rôle d'électrode tout en servant de fond à la colonne d'eau (**5**) ; il est solidaire d'une base en cuivre (**6**) reliée à un condensateur (**7**). Ce condensateur décharge brusquement dans le circuit un courant de 60 000 ampères. Sous le choc des forces internes de répulsion, une partie de la colonne d'eau est expulsée hors du tube (**8**) avec une violence telle qu'elle est capable de transpercer une plaque d'aluminium de 6 mm d'apaisseur ! La vitesse de départ de ce formidable projectile fait de "plasma d'eau" approche, en effet, le kilomètre/seconde, soit plus de trois fois la vitesse du son.

Là, comme dans les explosions des rails où circulent de forts courants, la théorie d'Ampère (voir l'article), abandonnée pourtant depuis plus d'un siècle, apporte une explication : les forces de répulsion internes, amplifiées, pourraient aboutir à scinder l'eau en deux parties qui se repoussent violemment. La théorie de Maxwell-Lorentz, qui a cours aujourd'hui, est au contraire totalement démunie devant une pareille force longitudinale.

Les spéculations vont bon train quant aux applications possibles de ce canon à plasma d'eau. Par exemple, l'utiliser pour lancer des fusées dans l'espace.

"théorie des électrons", Lorentz donne un premier modèle microscopique de tous les phénomènes électriques connus à l'époque.

Aujourd'hui, grâce surtout à Maxwell et à Lorentz, l'électromagnétisme est le domaine le mieux connu de la nature, celui qui dispose du système explicatif le plus complet et ne suscite plus guère de questions théoriques fondamentales. Quant à ses "retombées" pratiques, elles ne se comptent plus : l'électrotechnique, l'électronique, la radio et jusqu'aux accélérateurs géants de particules sont directement issus de la théorie des champs, des équations de Maxwell et des travaux de Lorentz.

Et le pauvre Ampère dans tout cela ? Sa renommée, qui fut grande de son vivant, a été complètement éclipsée par les succès des théories de champs au début de notre siècle. Quelques décennies plus tôt, pourtant, Maxwell lui rendit un hommage appuyé, écrivant : « L'étude expérimentale par laquelle Ampère a établi les lois de l'action mécanique entre les courants électriques, est l'un des plus brillants exploits de la science. Cet ensemble de théories et d'expériences semble avoir jailli dans toute sa puissance et complètement armé du cerveau du Newton de l'électricité. La forme en est parfaite, et la rigueur inattaquable. Tout se résume en une formule d'où peuvent se déduire tous les phénomènes, et qui restera la formule fondamentale de l'électrodynamique. »

Sur ce dernier point, Maxwell se trompait : la formule en question n'a pas résisté... à ses propres équations. Il faut dire que la théorie d'Ampère était affligée de sérieux handicaps : non seulement elle ignorait les champs et se limitait aux seuls conducteurs métalliques, mais elle supposait une action instantanée à distance, alors que l'on dévait découvrir, quarante-cinq ans après son énoncé, que les forces électromagnétiques se propageaient au moyen d'ondes évoluant à la vitesse de la lumière. Qui plus est, dans la pratique, la loi d'Ampère se révélait d'un emploi difficile dès qu'il s'agissait de l'appliquer à des circuits tout entiers (à cause de l'intégration des éléments de courants). Enfin, quelle signification pouvaient encore avoir ces éléments de courant après que l'on eut découvert la structure atomique de la matière (et la présence d'électrons à l'intérieur de l'atome) ? Maxwell montra d'ailleurs lui-même que la loi de Laplace donnait le même résultat que celle d'Ampère en ce qui concerne la force entre deux circuits. Mais la composante longitudinale interne au conducteur a totalement disparu dans la théorie électromagnétique moderne. Bref ! c'est l'évolution même de la physique qui a relégué aux oubliettes la force d'Ampère.

Qualifiée d'"impasse historique" par les physiciens du tournant du siècle, totalement ignorée par ceux d'aujourd'hui, l'électrodynamique d'Ampère, si novatrice en son temps, n'aurait sans doute plus, à l'heure actuelle, qu'un intérêt historique, si elle ne contenait ce troublant corollaire sur la répulsion longitudinale dans les fils conducteurs. Car c'est bien à cause de cela que, depuis quelque temps, elle a refait surface.

En effet, alors même que la cause semblait définitivement entendue, voici que quelques physiciens jouent les contestataires et veulent rendre à César ce qui est à Ampère. Leur argument est le suivant : s'il est vrai que la loi de Laplace donne les mêmes résultats que la loi d'Ampère pour les interactions entre deux circuits (et peut dans ce cas avantageusement remplacer celle-ci), on ne peut pas dire pour autant que les deux lois soient équivalentes pour ce qui se passe à l'intérieur d'un même circuit. Seule celle d'Ampère rend compte de la répulsion longitudinale et de la tension qui se manifestent dans le conducteur. Or, cette tension existe, plu-

sieurs faits le prouvent. A commencer par les fils "explosés" : au cours d'expériences d'électrotechnique menées aux Etats-Unis dans les années 60, on a vu des fils électriques parcourus par des courants très intenses éclater en plusieurs morceaux. Aucune des théories actuelles ne peut expliquer convenablement ces ruptures. On a invoqué des mécanismes complexes liés à l'échauffement des fils, mais ni le caractère brutal de l'explosion ni l'état des débris ne corroborent ces hypothèses. En revanche, la loi d'Ampère propose, elle, une réponse satisfaisante : c'est la répulsion longitudinale qui, atteignant un paroxysme, provoque ces éclatements.

Toujours selon les contestataires, les ruptures survenues au cours d'essais de canons à rails ont exactement la même origine. Plusieurs laboratoires dans le monde — en particuler des laboratoires militaires — expérimentent des canons à rails, dont le fonctionnement est analogue, dans son principe, à celui de l'épingle à cheveux de l'expérience d'Ampère. Sur deux rails métalliques parallèles, on dispose perpendiculairement une barre ronde également métallique. Par un de leurs bouts, les rails sont reliés à une batterie : on obtient ainsi un circuit fait d'un rail aller, de la barre mobile et du rail retour. Lorsque le courant est établi, la barre transversale roule rapidement sur les rails en s'éloignant de la batterie.

L'explication de ce mouvement est la même que celle du déplacement de l'épingle à cheveux. Pour les disciples de Maxwell, la barre, soumise au champ magnétique créé par le passage du courant dans les rails, et étant elle-même traversée par ce courant, subit une force de Laplace qui la fait avancer. Bien entendu, cette force est d'autant plus puissante que l'intensité du courant est plus élevée. On est arrivé ainsi, avec des courants de très forte intensité, à éjecter des projectiles à des vitesses considérables. D'où l'intérêt du procédé ([2]).

Or, on a observé, notamment au laboratoire naval de l'armée américaine, qu'au-delà d'une certaine vitesse d'expulsion (4 300 mètres/seconde pour des projectiles de 100 à 200 grammes) les rails explosent. On a là un "effet de seuil" absolument incompréhensible... à moins d'expliquer le canon à rails non par la force de Laplace, mais par celle d'Ampère. Tout alors devient clair : à mesure que l'on augmente l'intensité du courant pour accroître la vitesse du projectile, on amplifie aussi la tension interne dans les rails, jusqu'à aboutir à leur rupture.

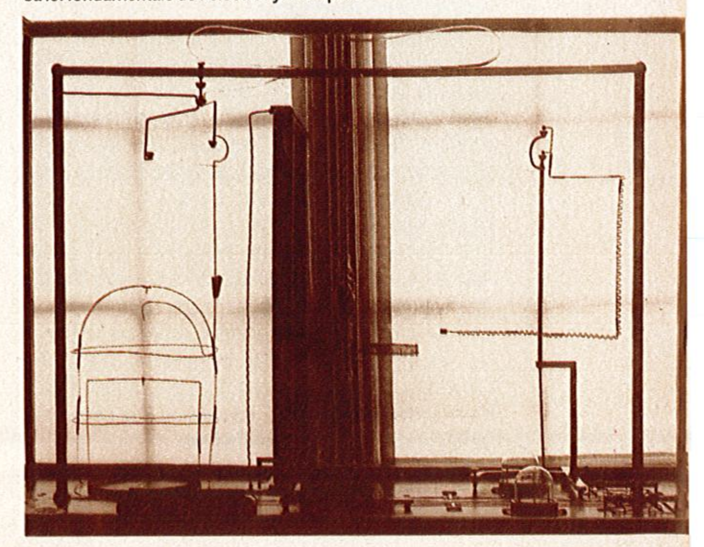
Intrigué par ces phénomènes, Peter Graneau, un physicien américain travaillant au centre de recherches électromagnétiques de l'université de Boston et partisan convaincu de la force d'Ampère, a effectué diverses mesures sur un canon à rails afin de déterminer la tension qui régnait à l'intérieur des barres d'acier. Eh bien, toutes ces mesures confirment la loi d'Ampère et contredisent celles de l'électrocinétique moderne.

Se pose néanmoins une question d'ordre général : s'il existe réellement une force de tension à l'intérieur des conducteurs, comment se fait-il qu'en dehors des cas extrêmes que nous venons de citer, on ne la remarque pas ? Réponse : parce que, habituellement, cette tension est très faible. A l'aide d'un ordinateur, Graneau a cherché à en évaluer la valeur. Il a virtuellement découpé un circuit en myriades d'éléments de courant, puis l'ordinateur a calculé les forces qui s'exerçaient entre ces éléments et les a additionnées. Au vu des résultats, il apparaît que la tension longitudinale d'Ampère dépend bien évidemment de l'intensité du courant (elle est proportionnelle à son carré), mais aussi de la section, de la longueur et de la forme du conducteur. Pour un fil rectiligne de 100 mètres de long et de 1 centimètre carré de section, parcouru par un courant de 1 000 ampères (ce qui est beaucoup), elle ne dépasse pas 96 grammes, soit une contrainte de 96 g/cm^3 (ce qui est très peu). Voilà pourquoi elle passe généralement inaperçue. Elle ne se manifeste que si l'on fait passer dans les circuits des densités de courant énormes, ce qui est le cas dans les expériences dont nous avons parlé.

On avait enterré un peu vite la force de répulsion interne

En résumé, un certain nombre de faits sont inexplicables dans le cadre de l'électromagnétisme

Des "bricolages" de génie. D'apparence rustique, les expériences d'Ampère étaient extrêmement ingénieuses. C'est grâce à une série de montages de ce genre qu'il réussit, en quelques semaines et avec la plus grande rigueur, à établir sa loi fondamentale de l'électrodynamique.



(2) Voir l'article sur "La catapulte spatiale", dans *Science & Vie* n° 873 (juin 1990), p. 40.

actuel. Seule une force répulsive s'exerçant à l'intérieur des conducteurs, force prévue par la loi d'Ampère, est susceptible d'en rendre compte. Avouez qu'il y a là de quoi être surpris. C'est bien la première fois qu'une théorie scientifique aussi complète et aussi éprouvée que l'électromagnétisme de Maxwell se trouve prise en défaut. Le physicien écossais et ses disciples (les théoriciens de l'électromagnétisme relativiste et de l'électrodynamique quantique) se sont-ils trompés ?

Pour les partisans de la force d'Ampère, la faille réside dans une inadaptation à certaines réalités. Certes, reconnaissent-ils, la théorie de Maxwell-Lorentz réussit parfaitement à expliquer les phénomènes électromagnétiques dans le vide. Si, en revanche, elle est défaillante avec les conducteurs métalliques, c'est parce qu'elle ne tient pas suffisamment compte de la réalité physique de ces conducteurs. Elle assimile le courant à un simple déplacement d'électrons, ce qui est pour le moins sommaire. Pourtant les physiciens des matériaux connaissent bien la structure atomique des métaux et la répartition des charges électriques en leur sein, mais leurs collègues de l'électrodynamique n'en veulent rien savoir et utilisent les lois de Lorentz comme si les fils électriques étaient de vulgaires tuyaux dans lesquels circulent librement des électrons. Or, les électrons ne se promènent pas dans le métal comme dans le vide. Car ils n'y sont pas seuls à porter des charges électriques : il y a aussi les ions métalliques, c'est-à-dire les atomes du métal en question qui ont perdu un ou plusieurs de ces électrons "baladeurs". Et les ions exercent une attraction sur ces électrons. Bref, les insuffisances de l'électromagnétisme de Maxwell-Lorentz proviendraient d'une trop grande simplification du courant.

Une théorie de 170 ans réussit là où les modernes échouent

Mais alors comment se fait-il qu'une théorie vieille de cent soixante-dix ans réussisse là où les systèmes les plus modernes échouent ? Car Ampère, après tout, ne connaissait rien de la structure de la matière. Pourtant sa loi "marche" : elle est capable d'expliquer les fils explosés, le canon lanceur d'eau (*voir encadré p. 44*), etc. La clef de ce succès réside dans le fait que c'est une loi empirique, conçue "sur mesure" à partir d'expériences réalisées sur des circuits réels. Sa validité est certes limitée aux conducteurs métalliques, mais, dans ce domaine, elle n'a jamais été contredite, même si certaines de ses propositions sont aujourd'hui dépassées (l'action à distance, par exemple). A l'inverse, l'électromagnétisme moderne, partant de lois générales, s'adapte mal aux cas particuliers.

Est-ce à dire que l'"antique" force d'Ampère est en passe de supplanter l'électromagnétisme relativiste, pilier de la physique contemporaine ? La réponse est non, parce qu'elle est trop particulière pour avoir vocation universelle. Par contre, elle peut très bien venir compléter le système édifié par Maxwell, Lorentz et Einstein, car elle n'est pas incompatible avec lui. Il est même possible de retrouver l'expression de la force d'Ampère à partir de l'électromagnétisme relativiste, à condition toutefois de mieux tenir compte de la réalité physique des conducteurs métalliques.

C'est précisément ce que viennent de montrer Jean-Pierre Vigier et Michel Rambaut, dans deux articles récemment publiés dans la revue américaine *Physics Letters*. Leur argumentation peut être résumée en trois points :

- Il faut cesser de considérer le courant comme un faisceau d'électrons libres circulant tous à la même vitesse. Un conducteur est un réseau complexe d'atomes ionisés dans lequel les électrons, soumis à l'attraction des ions métalliques, s'agitent en tous sens et à des vitesses différentes. Lorsque l'on impose une différence de potentiel, s'ajoute à ce grouillement une lente progression de tous les électrons le long du conducteur. C'est l'ensemble de ces mouvements qui constitue le courant.
- La référence de base, ce qu'Ampère appelait "l'élément de courant", n'est donc pas l'électron, mais le couple ion-électron. C'est précisément ce nouveau concept qui a guidé les travaux de Rambaut et Vigier. Ils ont commencé par étudier la distribution des vitesses des électrons dans un conducteur, puis, compte tenu de la répartition de ces vitesses, ils ont calculé toute la gamme des énergies pouvant naître des interactions entre deux couples ion-électron. Or, en faisant la moyenne de ces énergies d'interaction, ils ont retrouvé la formule de Franz Neumann, celui-là même qui avait généralisé la force d'Ampère (voir plus haut). Ils ont ainsi montré qu'il existait une voie de communication entre la physique empirique d'Ampère et l'électromagnétisme relativiste.
- La force d'Ampère n'est autre que la résultante, à l'échelle macroscopique, du mouvement collectif de tous les électrons — dont les mouvements individuels, à l'échelle microscopique, sont régis par la force de Lorentz. Certes, la force d'Ampère n'est pas relativiste (elle ne s'applique pas à des objets dont la vitesse est proche de celle de la lumière), mais cela n'a pas d'importance puisque la vitesse moyenne de la progression globale des électrons dans un conducteur est très faible (de l'ordre de 10 cm par seconde, alors que, dans le vide, les électrons sont vraiment "relativistes"). En conséquence, on peut dire que la force d'Ampère est la limite non relativiste de la force électromagnétique de Lorentz, tout comme la loi de la gravitation de Newton est la limite non relativiste de la relativité générale d'Einstein. La première garde toute sa valeur pour les courants, de même que la seconde

(suite du texte page 176)


La marque du transport.
SERNAM

FAUSSES MESURES ET MOUVEMENT PERPÉTUEL

Déçu par l'air, l'eau et la gravitation, c'est à l'électricité et à l'électronique que s'accroche aujourd'hui l'espoir de réaliser le mouvement perpétuel... Avec aussi peu de chances.

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Le mouvement perpétuel n'a de chance de devenir réalité que si l'on parvient à mettre au point un dispositif capable de fournir plus d'énergie qu'il n'en consomme. Une fois bouclé sur lui-même un tel dispositif pourrait fonctionner éternellement et devrait même être utilisé comme source d'énergie sous peine de s'"emballer". Depuis des siècles d'innombrables machines ont fait l'objet de plans détaillés et de théories plus ou moins bien fondées, mais qui toutes présentaient au moins une erreur fondamentale.

Actuellement, à lire le courrier que nous recevons au sujet de notre rubrique Electronique amusante, il semble bien que l'espoir de mettre en évidence le mouvement perpétuel soit loin d'être abandonné. En fait, nos lecteurs, prudents, n'emploient jamais ce terme mais nous proposent régulièrement des séries de schémas accompagnés de mesures et décrivant des dispositifs électriques ou électroniques capables de fournir plus de puissance électrique que celle nécessaire à leur alimentation.

Précisons que, le plus souvent, les mesures sont effectuées de bonne foi et avec des instruments dont la précision ne peut être mise en doute. Mais, et là est le problème, ces instruments sont utilisés sur des signaux électriques pour lesquels ils ne sont pas conçus.

Il en est d'ailleurs de même pour les propositions de réalisations purement théoriques. Bien souvent une erreur d'interprétation de schémas de base offre la possibilité de construire des théories mal fondées. Dans les lignes qui suivent notre but sera donc de faire la pleine lumière sur ce type de problème qui, toujours en toute bonne foi, conduit à des erreurs de jugement propices aux faux espoirs.

Commençons donc par les appareils de mesure. Le plus répandu d'entre eux reste le multimètre. Il s'agit d'un appareil muni d'un cadran à aiguille ou d'un affichage numérique capable, suivant la fonction choisie, de mesurer soit des tensions (en volts, voire millivolts), soit des courants (en ampères, milliampères ou même microampères), soit des résistances (ohms, kilohms et mégohms). Pour les résistances, l'appareil fournissant lui-même l'électricité dont il a besoin, à partir d'une pile logée dans son boîtier, les erreurs de mesure sont absentes.

En revanche, en ce qui concerne les tensions ou les intensités, de tels appareils peuvent mesurer soit du continu, soit de l'alternatif mais sous certaines conditions (d'ailleurs tellement évidentes pour les constructeurs de tels appareils qu'ils ne le précisent même pas dans leur manuel d'utilisation !). Donc, qu'il soit à aiguille ou numérique, un multimètre n'est capable que de mesurer du continu vraiment continu ; sinon il donne une valeur moyenne, d'ailleurs exploitable comme telle en toute connaissance de cause.

Pour l'alternatif, les choses deviennent plus délicates. En effet ces appareils ne peuvent mesurer tension ou intensité efficaces (celles qui nous intéressent en électricité et électronique) qu'à condition que celles-ci soient parfaitement sinusoïdales et restent dans une certaine plage de fréquences. Dès que ces deux critères ne sont plus absolument respectés, le multimètre affiche « ce qui lui passe par la tête ». Certes, il existe des appareils capables de mesurer la valeur efficace d'un signal électrique de forme quelconque, ceux équipés d'un thermocouple par exemple, mais ces derniers, d'un coût d'achat élevé, ne font que très rarement partie de la panoplie de l'amateur.

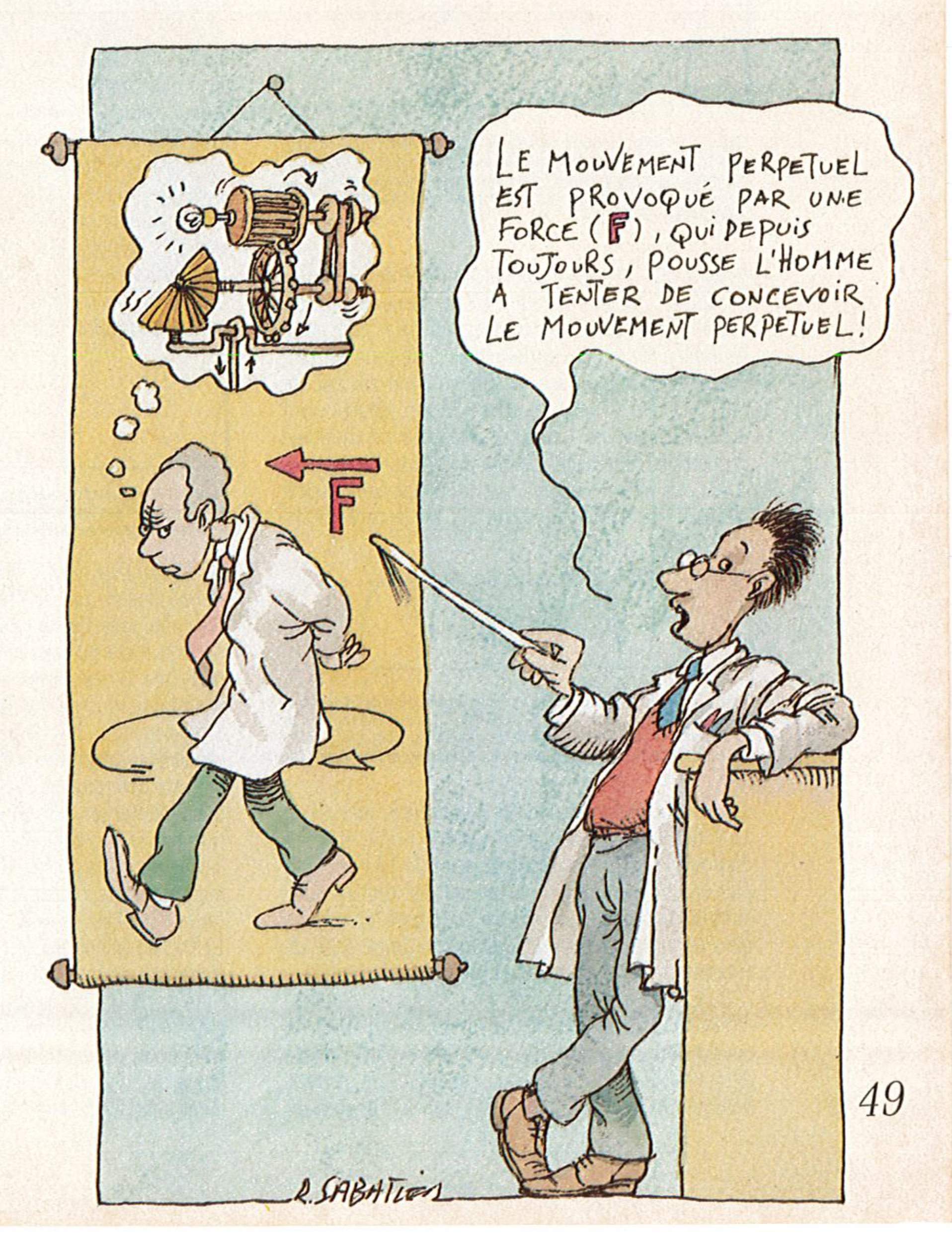
Cela dit, voyons quelques types de montages courants induisant fatalement des erreurs de mesures. Généralement les essais décrits par nos lecteurs s'effectuent en basse tension. Le premier élément du montage est donc un transformateur. Celui-ci, bien que modifiant tension et ampérage, ne déforme en rien le signal électrique. Il est donc parfaitement possible de mesurer à l'aide d'un multimètre

la tension délivrée par le secondaire, 12 volts alternatifs par exemple. En revanche, tenter de mesurer directement l'intensité qu'il délivre constitue déjà une erreur de manipulation. En effet, si le multimètre branché sur le calibre ampèremètre est relié à la sortie du transformateur, il ne mesure pas l'intensité que peut débiter ce dernier sous sa tension de service normale mais simplement le courant de court-circuit, c'est-à-dire le courant qui traverse le secondaire lorsqu'un court-circuit est établi sur la sortie. La tension délivrée par le transformateur est alors nulle. Un tel type de fonctionnement conduit d'ailleurs rapidement à sa surchauffe et à sa destruction.

Pour illustrer ceci prenons un exemple. Choisissons un transformateur marqué par son constructeur 220 volts/12 volts, 12 volts-ampères. Ceci indique d'une part que son primaire est conçu pour être alimenté en 220 V et que son secondaire délivrera 12 V pour la puissance de service nominale, soit 12 VA, donc nous pouvons immédiatement en déduire que seul 1 A sera disponible sur le secondaire sous peine de voir notre tension de 12 V s'effondrer. La puissance nominale efficace de notre transformateur sera de 12 watts.

Maintenant branchons notre multimètre, en position voltmètre sur la sortie du transformateur. Ne consommant que très peu de courant la tension délivrée par ce dernier sera toujours légèrement supérieure à celle indiquée par le constructeur, le transformateur tourne "à vide", et la tension mesurée sera de l'ordre de 15 V. Passons à présent en gamme ampèremètre, le moins longtemps possible pour préserver le transformateur. Le courant mesuré atteindra alors allégrement 10 A ! Notre transformateur aurait-il donc une puissance réelle de 150 VA au lieu de 12 annoncés ; bonne affaire. En fait il n'en est rien car, comme nous l'avons dit plus haut, la tension qu'il délivrait à cet instant était nulle ; ne disposant que d'un appareil de mesure, rien ne l'indiquait. Précisons ici que, bien qu'il s'agisse d'une erreur de "manip", les résultats affichés par le multimètre sont parfaitement exacts. Son utilisation est normale et il n'est donc pas en cause.

Cependant il est rare que le transformateur soit utilisé seul dans une réalisation, sauf cas très particulier sur lesquels nous reviendrons plus loin. Le plus souvent on lui associe des diodes pour redresser le courant alternatif et obtenir une tension continue. Mais les diodes sont des éléments non réversibles, c'est-à-dire quelles ne se laissent pas traverser de la même manière selon le sens du courant



Dans un sens il circulera parfaitement, dans l'autre il sera bloqué.

Si une diode est donc branchée en sortie du transformateur le signal obtenu ne sera plus une sinusoïde (*fig. 1*) mais une série d'arches de sinusoïdes séparées d'une demi période (*fig. 2*). Ici la

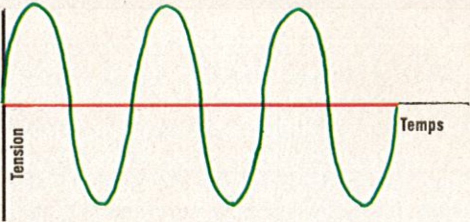


Figure 1. La tension, en vert, telle que la délivre le transformateur..

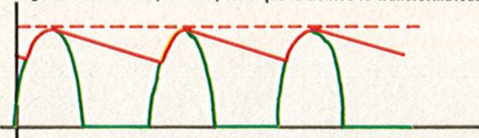


Figure 2. ... puis redressée par une diode. Si on ajoute un condensateur, la courbe de la tension devient rectiligne (pointillés rouge) en l'absence de consommation. Elle prendra une ondulation de plus en plus marquée au fur et à mesure que la quantité de courant demandée augmentera (en rouge).

tension efficace de ce signal est moitié de la tension d'origine ; dans notre cas 6 V. Cependant si l'on tente de mesurer cette tension qui n'est plus sinusoïdale à l'aide du multimètre, il annoncera une valeur bien supérieure. Le phénomène est encore plus marqué si au lieu d'une diode, quatre sont utilisées montées "en pont". Ce type de montage permet de "redresser" chaque alternance de la sinusoïde. Le signal obtenu est donc une succession d'arches de sinusoïdes (*fig. 3*). Ici le multimètre

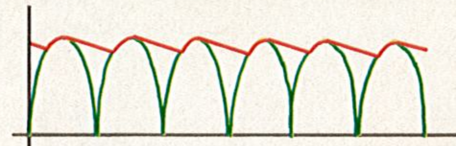


Figure 3. Quatre diodes montées en "pont" permettent de "redresser" la tension. Comme sur la figure 2, le condensateur tendra à rendre cette tension continue mais, pour une consommation identique, il se déchargera pendant un temps plus court, l'ondulation sera moindre (en rouge).

annoncera des tensions très supérieures aux 12 ou 15 V de départ alors que la tension réelle efficace disponible est bel et bien toujours de 12 V. Il n'y a pas création d'énergie au niveau des diodes mais simplement erreur de mesure de la part du voltmètre car il n'est plus utilisé sous ses impératifs de fonctionnement, à savoir ici un signal sinusoïdal.

Poussons les choses un peu plus loin et associons à nos diodes un condensateur, ce qui donne la configuration typique de la première partie d'une alimentation continue — les adaptateurs secteur destinés à remplacer les piles sur les postes de radio portatifs fonctionnent exactement sur ce principe. En fait le condensateur "lisse" les arches de sinusoïdes suivant une droite tangente à leurs sommets, du moins lorsque l'on ne demande pas au dispositif de débiter du courant (en pointillé rouge sur la *fig. 2*). A vide nous obtiendrons donc une tension parfaitement continue d'une valeur supérieure à celle de la tension efficace fournie par le transformateur. Ce phénomène est tout à fait normal et correspond à la différence mathématique entre valeur crête et valeur efficace d'une sinusoïde : un rapport $\sqrt{2}$. Dans notre cas la tension obtenue ne sera plus de 12 V mais de $12\sqrt{2}$ soit 17 V.

Si le condensateur joue l'effet d'un volant d'inertie pour la tension à vide, il n'en est pas pour autant pourvoyeur d'énergie. En effet, dès que du courant sera demandé, la tension ne sera plus parfaitement continue mais plus ou moins en dents de scie et la puissance efficace fournie restera toujours inférieure à celle qu'est capable de délivrer le transformateur. Seule exception, le fonctionnement en "impultionnel", le condensateur jouant alors un rôle de batterie d'appoint sur de faibles durées. Il sera possible, durant un temps très bref, de disposer effectivement de plus de 12 W à condition qu'entre ces pics de puissance, d'une part, la consommation reste inférieure à cette limite et que, d'autre part, à long terme la somme (puissance moyenne + puissance "impultionnelle") reste également inférieure



Figure 4. Après une demande ponctuelle de courant, le condensateur ne se recharge pas instantanément. Si deux décharges sont trop rapprochées, la seconde aura une énergie moindre.

à ce seuil (*fig. 4*). Ce dernier exemple est parfaitement illustré par le fonctionnement des flashes électroniques. Ils sont capables de donner un éclair de très forte puissance durant un temps très bref bien que la puissance moyenne nécessaire à leur fonctionnement, issue de simples piles, reste faible. Simplement il leur faut un certain temps pour se recharger entre deux éclairs successifs.

Cette diversion sur les flashes nous permet d'ailleurs d'aborder une première erreur d'interprétation sur la forme des signaux électriques, à savoir les signaux dits pulsés. Il est effectivement parfaitement possible, toujours à partir de la petite alimentation réalisée autour de notre transformateur 12 VA, de découper le courant continu en impulsions très brèves. Pour une impulsion, nous pourrons parfaitement obtenir une tension de 18 V et, grâce à la présence du condensateur, débiter durant celle-ci un courant de 10 A. De nouveau, nous semblons disposer de 180 W. Ceci est vrai, mais seulement pendant la durée de l'impulsion et à condition

que celle-ci ne soit pas arrivée trop tôt après la précédente. Dans notre cas le "pas trop tôt" limite est d'ailleurs facile à calculer. Si la durée de notre impulsion vaut T et que sa puissance instantanée vaut 180 W alors que le transformateur ne débite que 12 W, le temps minimum devant séparer deux impulsions devra donc être de T (180/12) soit de 15 T. Dès que cette limite ne sera plus respectée nos impulsions perdront en puissance.

Cette notion de puissance en pulsé et de puissance moyenne est d'ailleurs fréquemment utilisée en électronique. C'est notamment le cas de certains lasers qui peuvent débiter ponctuellement des puissances énormes alors que ni leur alimentation, ni le tube qui les compose, ne la supporteraient en fonctionnement continu. Là encore ne confondons donc jamais puissance "impultionnelle" et puissance efficace consommée, ou débitée, par un appareil.

Pour terminer citons une erreur d'interprétation purement théorique sur la manière dont sont conçus les transformateurs. Généralement les deux bobinages, primaire et secondaire, sont effectués sur une bobine unique. Celle-ci est en suite emprisonnée dans un circuit magnétique comportant des plaquettes en forme de E et d'autre en I. La carcasse métallique ainsi formée, d'une part, traverse la bobine et, d'autre part, la contourne. Cette configuration permet de limiter au maximum les pertes magnétiques nuisant au rendement du transformateur. Les lignes de champ obtenues ont donc une forme identique à celle de la cage métallique (***fig. 5 à 7***).

Certains de nos lecteurs ont eu l'idée de place de nouveaux bobinages sur les branches externes des pièces en E (***fig. 8***). Argument proposé : les champs magnétiques présents à cet endroit sont perdus. Cet argument est malheureusement faux. Si effectivement les nouveaux bobinages sont parfaitement en mesure de débiter tension et courant au même titre que les bobinages existants, ils n'en consommaient pas moins de l'énergie et celle-ci provenait simplement du champ magnétique créé par le primaire.

En fait, dans le circuit magnétique d'un transformateur tout se passe comme dans un circuit électrique. Ce n'est pas parce qu'un courant passe dans le fil qui alimente une ampoule qu'il est perdu. On conçoit aisément que si on connecte une seconde ampoule sur le fil, plus de courant sera consommé. Pour le circuit magnétique, le fait de placer des bobines auxiliaires équivaut à une dérivation ; on dispose alors d'un plus grand nombre de secondaires, mais la puissance totale que pourront débiter ceux-ci ne sera en aucun cas supérieure à celle fournie par le primaire.

En conclusion, si vous êtes absolument persuadé de votre théorie et que, effectivement, le dispositif doit fournir plus d'énergie qu'il en consomme, bouclez-le sur lui-même et tentez de l'utiliser en tant que source d'énergie autonome et sans aucun apport externe. Vous découvrirez sans doute rapidement où pèche le raisonnement.

Henri-Pierre Penel

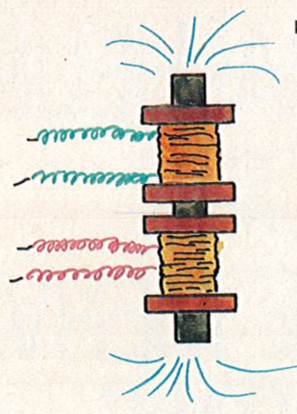


Figure 5. Sur les premiers transformateurs, une tige en fer doux permet de canaliser les lignes de champ du primaire vers le secondaire. Les pertes magnétiques sont importantes aux extrémités.

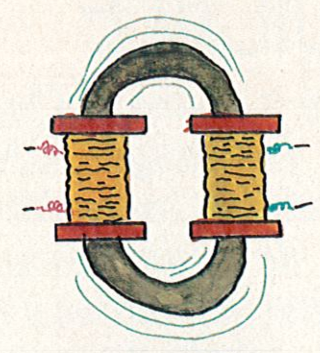


Figure 6. En remplacant la barre par un anneau, ce "circuit magnétique bouclé" a de faibles pertes.

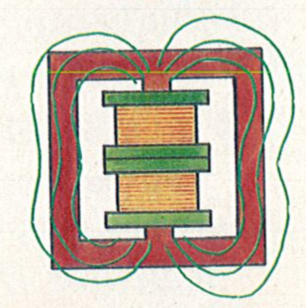


Figure 7. Pour simplifier la construction des transformateurs actuels, on utilise un assemblage de pièces en E et en I.

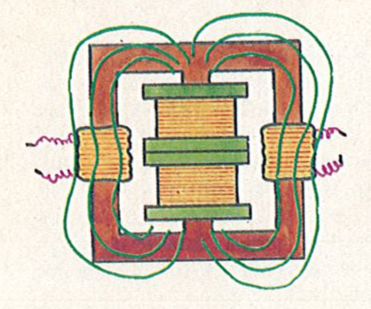


Figure 8. Rajouter des bobines ne modifie en rien le rendement énergétique du transformateur.

LA MALHEUREUSE HISTOIRE D'UNE MERVEILLE MÉDICALE



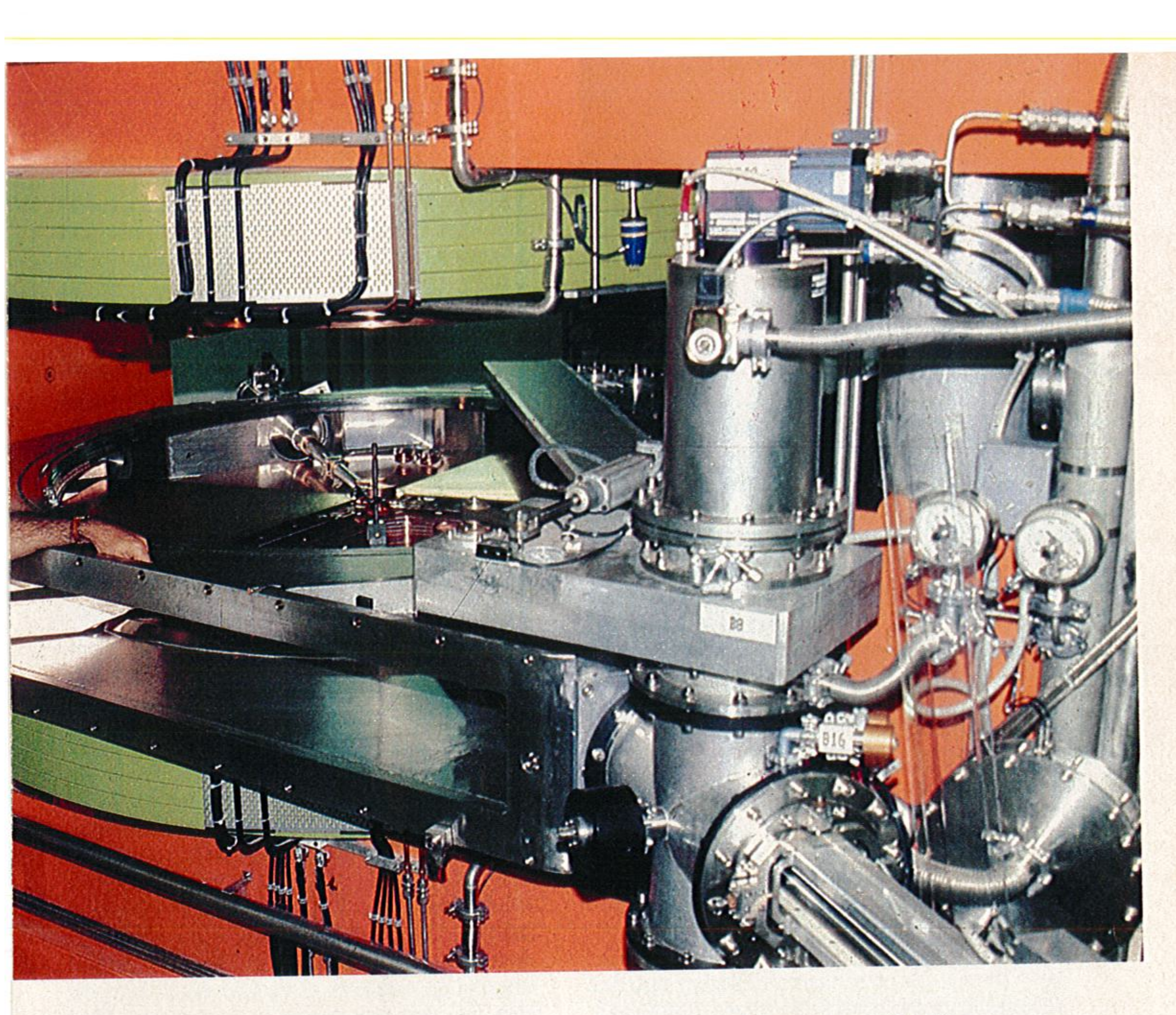
Il y a 18 ans, le Centre Antoine Lacassagne, à Nice, mettait en chantier un cyclotron capable de traiter des tumeurs avec beaucoup moins d'aléas que la cobaltothérapie habituelle. Des conflits entre une personnalité trop indépendante, des ministères indécis et une Administration qui entend exercer ses responsabilités ont abouti à une impasse. Et pourtant, ce cyclotron serait bien utile...

PAR MARGUERITE TIBERTI ET JEAN-MICHEL BADER

La radiothérapie, c'est-à-dire le bombardement des tumeurs par des flux de particules légères, électrons ou photons de la bombe au cobalt, a longtemps souffert d'une estime mitigée du public autant que des médecins en matière de traitement du cancer. C'était ce qu'il y avait de mieux pour détruire des tumeurs, mais ce n'était pas parfait, car les rayons relativement lents divergeaient et détruisaient des tissus sains aussi.

Puis on a trouvé les protons rapides. D'une très grande précision balistique, ils ne délivrent leur énergie que sur la cible même. D'où naissance de la protonthérapie. Depuis 1965, il y a des centres de protonthérapie à Moscou, Leningrad, Dubna, et au Japon, à Chiba depuis 1979 et à Tsukuba depuis 1983. Clatterbridge, en Grande-Bretagne, et Darmstadt, en Allemagne, accélèrent des protons et des ions lourds. En France, l'université d'Orsay a un synchrocyclotron qui produit des protons de 200 MeV pour les malades de l'institut Gustave Roussy de Villejuif et l'institut Curie de Paris.

Les protons sont particulièrement intéressants pour traiter les tumeurs au voisinage d'organes ou de centres nerveux vitaux. Mais on a imaginé encore mieux : une machine qui produit aussi bien des protons que des neutrons. Ces derniers, obtenus en bombardant les atomes d'une cible en béryllium par des protons accélérés dans un cyclotron, ont un rendement balistique moins intéressant que les protons, mais ils sont beaucoup plus efficaces que les électrons de la bombe au cobalt : ils ont en effet une densité d'ionisation plus importante dans leur cible et provoquent ainsi, dans la tumeur, des lésions cellulaires irréversibles, qui empêchent les récidives cancéreuses. Bref, les protons sont les plus



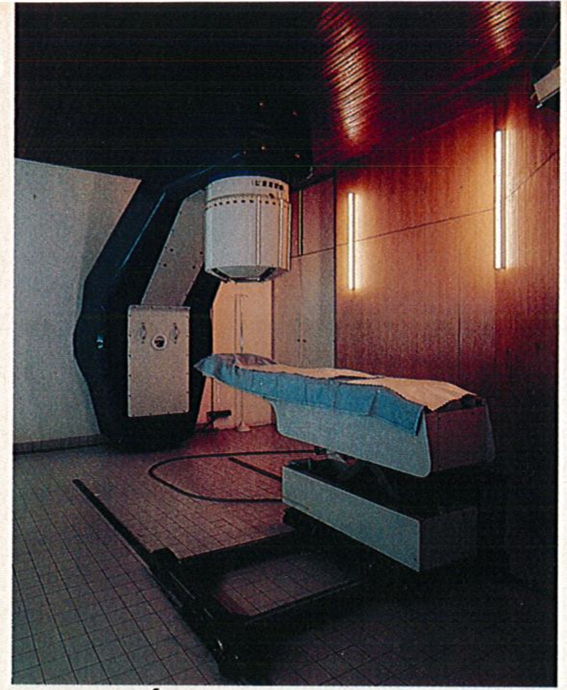
précis, les neutrons, les plus puissants.

Depuis les années 1960, le cyclotron de l'université d'Harvard, dans le Massachusetts, fabrique des protons de 160 MeV, le centre d'Uppsala, en Suède, des protons de 200 MeV et le Bevalac de Berkeley, en Californie, fournit des protons de 340 MeV. Il y a des installations de neutronthérapie en Arabie saoudite, en Corée, au Japon, cinq aux USA, quatre en Allemagne, une en Belgique et une en France. Faire à la fois des neutrons et des protons devrait être l'apanage de Nice avec le projer Medicyc. Quand la machine — en l'occurence un cyclotron, ***voir encadré p. 55*** — du Centre Antoine Lacassagne marchera. On conçoit donc que ses dirigeants aient envisagé le projet assez grandiose de faire du Centre Antoine Lacassagne le site futur de l'EULIMA (*European Light Ion Medical Accelerator*), projet européen d'accélérateur d'ions légers pour le traitement de cancers.

Le Centre est aujourd'hui paralysé par des problèmes financiers. Ce n'est pas l'argent de l'Etat qui est en cause : le financement a été assuré par des donateurs du Centre. Mais comme il s'agit quand même d'un grand projet, le gouvernement s'en inquiète. L'Administration aussi : l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS) a enquêté là-dessus. Quand, en 1972, le directeur du CAL à l'époque, Claude Michel Lalanne, rencontra Pierre Mandrillon, ingénieur consultant au CERN (Organisation européenne pour la recherche nucléaire) de Genève, et qu'ils projetèrent de faire un cyclotron d'une nouvelle génération (capable de produire des protons et des neutrons de hautes énergies), ils étaient dans le droit fil des tendances de la médecine de pointe. Mais pas tout à fait dans l'orthodoxie administrative : comme le rapportent les enquêteurs de l'IGAS, en termes assez pointus, les responsables du projet ont eu « une attitude, soit de défiance, soit de mépris vis-à-vis des services de l'Etat », et l'un des traits du dossier serait un manque de transparence caractérisé et longtemps entretenu par le CAL.

Dès le départ, en effet, Lalanne veut "sa" machi-

Cet homme a conçu seul Medicyc. Pierre Mandrillon, ingénieur consultant du CERN et physicien des particules, a imaginé ce cyclotron unique dans sa catégorie : c'est le seul au monde prévu pour traiter des cancers par protonthérapie et neutronthérapie. En outre, il ne sert qu'à soigner des malades — contrairement aux autres cyclotrons dont l'utilisation doit être partagée avec les physiciens — et il dispose de plusieurs faisceaux desservant simultanément plusieurs salles de traitement. Sa construction, financée par des fonds privés, a déjà coûté 120 millions de francs et duré 18 ans. Son coût de fonctionnement annuel, à la charge de l'Etat, sera de 23 millions de francs et chaque séance de traitement devrait coûter 12 000 F...



LA RADIOTHÉRAPIE AUJOURD'HUI...
Elle utilise l'énergie d'électrons de haute énergie produits par une bombe au cobalt. Les propriétés balistiques de ces particules légères sont bien meilleures que celles des vieux rayons X, qui grillaient la tumeur et tout ce qu'il y avait autour d'elle, mais leur efficacité biologique — autrement dit les dégâts cellulaires qu'ils provoquent dans la tumeur — n'est pas toujours suffisante.

ne : il ne veut pas en partager l'utilisation avec des chercheurs ou des industriels (comme c'est le cas à Berkeley, ou au CERN à Genève). Il ne veut pas non plus d'un cyclotron "clés en main", comme en proposent à la vente la Compagnie générale de radiologie, la Cyclotron Corporation of California ou Scanditronix — quitte à le modifier et à lui apporter au fur et à mesure les dernières améliorations technologiques. Il veut du "sur mesure".

Financièrement, il n'est pas moins franc-tireur : pour une opération de cette envergure, il n'envisage pas de demander un sou à l'Etat, ni de chercher des sources de financement extérieures : le plus gros appareil médical de France sera financé par les seuls dons et legs dont bénéficie le CAL.

On peut louer ou critiquer une pareille attitude, c'est selon les dispositions de chacun. Toujours est-il que c'est cette volonté d'indépendance qui va indirectement créer un problème, car il n'est évidemment pas envisageable qu'un cyclotron, ne fût-il "que" médical, puisse échapper à des contacts rapprochés avec l'Administration.

L'originalité se poursuit dans la réalisation du cyclotron. Un homme seul, certes ingénieur de l'Institut national de physique des particules et de physique nucléaire, concevra et dirigera la réalisation du prototype, qui sera mis en chantier au CERN à Genève dès 1978. L'exploit, car c'en est un, force l'admiration, mais il est risqué, car aucune étude



française d'opportunité ou de faisabilité n'a encore démontré l'utilité de ce genre d'appareil associant protons et neutrons pour la santé publique (à l'étranger, rappelons-le, la protonthérapie n'est pas discutée). C'est en vain que la mission des inspecteurs de l'IGAS a cherché à se procurer auprès des responsables actuels le type d'études initiales détaillées et quantifiées sur l'opportunité du projet, qui sont habituellement commandées par tout entrepreneur. Bien entendu, pour savoir si une telle machine peut, avec efficacité, traiter des tumeurs humaines, il faut la fabriquer d'abord, l'essayer ensuite. Nous en convenons.

Né sous ces auspices, financé de façon "privée", par une équipe sans liens externes avec des technologues ou des scientifiques, le projet va ainsi rester à peu près inconnu des services de l'Etat pendant... 8 ans. Rien de singulier, dira-t-on, puisque le CAL a voulu faire cavalier seul. Mais quand, le 20 juin 1980, le conseil d'administration du CAL se voit présenter un constat sur l'avancement de l'opération, l'Administration va quand même pointer l'oreille et l'on entendra le premier bémol : le représentant du préfet, qui porte la double casquette d'agent de tutelle et de président du conseil d'administration du CAL, s'inquiète à cette réunion de savoir si un dossier a été déposé au ministère. Lalanne lui répond qu'il ne s'agit encore que d'un projet de recherche, lequel ne nécessite aucune autorisation préalable. C'est bien exact, mais dix jours plus tard, puis encore le 3 novembre 1982 et enfin le 9 décembre de la même année, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales signifie à Lalanne qu'un cyclotron est un équipement matériel lourd et donc soumis à autorisation.

Le 28 février 1983, le CAL dépose enfin un dossier complet au ministère. Le 24 août tombe un refus ministériel quant à la construction de l'appareil et du bâtiment devant l'abriter. L'affaire s'enlise dans les marécages des indécisions ministérielles, de l'obstination administrative et de la détermination de Lalanne : les mois passent, les demandes de précision de la DDASS et des services ministériels s'accumulent au CAL ; celui-ci se cantonne dans un silence superbe et aucune réponse pertinente n'est fournie. Le 26 mars 1984, le délai pendant lequel le ministre de la Santé devait se prononcer sur le recours posé par Lalanne expire sans que ce ministre se soit exprimé : cela correspond juridiquement à une autorisation tacite. Atermoiements, "valse lente" des refus et des autorisations, les autorités de l'Etat sont, d'après les auteurs du rapport, aussi coupables que la direction du CAL. Les différents services en cause s'embourbent même dans un magma de décisions contradictoires. A preuve, six jours après la lettre officielle de refus de Georgina Dufoix et d'Edmond Hervé, datée du 12 novembre 1984, le CERN ayant fini

de le construire, le directeur des Hôpitaux autorise le transport à Nice de l'aimant du futur cyclotron (140 t et 4 m de long). Et ce directeur, décidément rompu aux finesses de l'ambiguïté, précise toutefois qu'une telle décision ne préjuge en rien de la solution définitive qui sera arrêtée pour le cyclotron.

Coup de théâtre digne de Courteline : en août 1985, six mois avant les élections législatives, les services ministériels font savoir soudain au CAL que tout a changé ; s'il présentait une nouvelle demande, elle pourrait aboutir... Lalanne formule donc une nouvelle demande le 17 juillet 1986. Omission regrettable, il ne fait pas figurer dans le compte d'exploitation prévisionnel les dépenses de la protonthérapie. Mais il inclut dans le dossier technique les têtes d'irradiation nécessaires aux deux techniques, protonthérapie et neutronthérapie, donc. L'IGAS en reste perplexe : « on ne sait pas, disent les enquêteurs, si la protonthérapie est ou non prévue. »

Le temps, ce grand diplomate et consolateur, passe : le 6 janvier 1987, un arrêté ministériel autorise Medicyc, à condition qu'il s'agisse bien de l'appareil décrit dans la demande et sur les plans du dossier. Or, il n'en est rien. La demande est pour un cyclotron de 55 MeV ; celui du CAL est de 65 MeV. Le Medicyc initial de 1978 devait fournir des particules d'une énergie de 35 MeV ; les inspecteurs de l'IGAS relèvent dans les documents du CAL que la puissance est passée à 50 Mev en janvier 1980, puis à 55 MeV en 1983 (rapport IGAS d'août 1983).

Le bâtiment n'est plus du tout celui prévu : il est à la fois plus grand (pour accueillir plus tard le projet européen EULIMA, cité plus haut) et ne comporte plus la salle isocentrique de neutronthérapie (trop chère). Le prix de revient de chaque séance de neutronthérapie évalué à 1 889 F en 1986, dans le

... LA RADIOTHERAPIE DEMAIN

Elle utilisera toute une panoplie d'ions (protons, deutons, ions lourds, neutrons) produits par des cyclotrons. Un cyclotron ne peut accélérer que des particules chargées électriquement, car un atome électriquement neutre est insensible à l'action d'un champ magnétique ou électrique. On arrache préalablement leurs électrons périphériques à des atomes d'hydrogène, les protons ainsi produits sont injectés (**1**) dans le cœur circulaire du cyclotron fait de deux entrefers métalliques en forme de D (**2**), pris en sandwich entre des électro-aimants (**3**). Dans le vide poussé, ils sont maintenus sur une trajectoire circulaire par les aimants et accélérés par un champ électrique de haute fréquence. Quand ils ont atteint une vitesse suffisante, ils sont soit éjectés directement vers des collimateurs et délivrés tels quels aux malades (**4**), soit dirigés vers une cible en béryllium (**5**). Frappant les atomes de la cible, ils produisent alors une réaction nucléaire qui libère des neutrons (**6**) dirigés eux aussi vers le malade.

La courbe ci-dessous montre la différence balistique fondamentale entre protons et neutrons : les protons vont plus loin, et délivrent précisément sur la tumeur la quasi-totalité de leur énergie : c'est le pic de Bragg ; les neutrons et les rayons X se perdent beaucoup plus en route : il en reste moins pour détruire le cancer. La supériorité des neutrons n'est donc pas physique, elle est biologique : ils sont actifs sur les tumeurs radiorésistantes, et d'une manière générale sur de bien plus nombreux types de cellules cancéreuses, qu'elles soient au repos ou en train de se diviser, et cela même si l'on fractionne les doses en plusieurs séances.

dossier déposé à l'appui de la demande d'autorisation, est passé en 1990 à 6 740 F (auxquels il faut ajouter le salaire du personnel et les frais techniques). Entre-temps, les neutrons sont passés de mode chez les radiothérapeutes.

Dans ces conditions, estiment les auteurs du rapport de l'IGAS et puisqu'aucun délai imposé dans l'autorisation accordée n'a été tenu, « on doit en conclure, en toute rigueur juridique, que l'arrêté du 6 janvier 1987 est désormais caduc et que le directeur du CAL n'est plus autorisé à poursuivre la construction du cyclotron ». Le conflit est passé du champ Lalanne-Etat à celui de l'Administration et du gouvernement, puisque l'IGAS infirme donc une décision du ministre...

Ces péripéties sont déjà déplorables. Mais on peut s'interroger de surcroît sur la gestion même des fonds du cyclotron : il semble, en effet, que les coûts en seront bien difficiles à maîtriser. A quoi rêvent donc, sinon les jeunes filles, du moins les conseils d'administration ? Celui du CAL a admis, en 1987, qu'entre 1978 et cette année-là, les prévisions initiales de coûts ont été triplées. Et quand il y a une nouvelle augmentation de près de 45 % entre mars et octobre 1987 (de 23,8 MF à 35 MF), ce conseil n'a réclamé aucune explication particulière. Pourtant, selon l'IGAS, outre le risque réel financier encouru par le Centre, le fameux projet en faisait indirectement courir un autre à la collectivité publique. C'est-à-dire que, s'ils n'étaient en principe comptables à personne des fonds propres du CAL, ils l'étaient des fonds publics. Car l'Administration a son mot à dire dans l'affaire : si elle n'a pas investi d'argent dans le Medicyc, elle s'est en revanche engagée à financer le fonctionnement de l'appareil. Et aujourd'hui, le CAL a beau jeu de réclamer pour ce (futur) fonctionnement les 22 657 MF annuels qu'il estime nécessaire pour faire tourner Medicyc. De plus, on eût pu (et l'on pourrait encore) reprocher au CAL d'avoir consacré au cyclotron des sommes considérables, au détriment d'autres projets, comme une salle de réanimation, ou des équipements chirurgicaux ou médicaux.

Certains médecins du centre ne font pas mystère de leur contrariété : Michel Abbes, chirurgien spécialiste du cancer au CAL, s'exprime en termes assez raides : « Avec ce cyclotron, on trompe les gens qui font des dons et des legs pour la lutte contre le cancer. Ils pensent que leur argent va à la recherche et à l'équipement du centre, alors qu'il est englouti dans un tonneau des Danaïdes. Je ne suis pas du tout convaincu que cette machine apporte quoi que ce soit à nos malades, et je trouve amoral qu'on investisse autant d'argent dans un projet aussi pauvre d'espoir. Au CAL, le personnel qui part à la retraite n'est plus remplacé. Mon service est passé de 19 à 8 infirmières : il y a des nuits sans infirmières. » Et d'évoquer, mais c'est sans doute dans un moment d'humeur, l'affaire des "avions renifleurs".

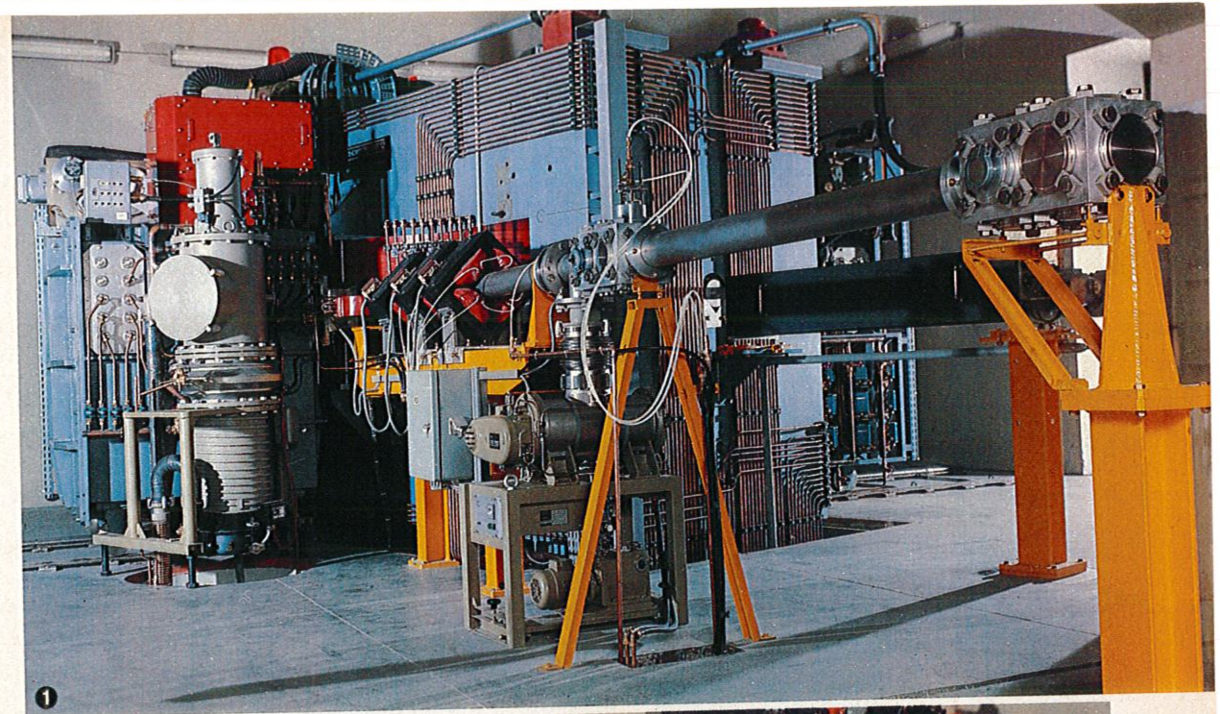
Mme Hélène de Blainville, la directrice actuelle de la DDASS des Alpes-Maritimes, n'est pas non plus contente. Son prédécesseur, Mlle Berger, avait favorisé la création d'une association, l'ASCARA, pour que les dépenses faites pour le cyclotron fussent bien distinctes du budget du Centre. C'est en effet une précaution à prendre pour que l'argent alloué au Centre pour soigner les malades ne soit pas consommé par le cyclotron. Mais de fait, cela aboutit à laisser à Lalanne la maîtrise sans contrôle de son projet. En effet, quand en 1985 il est mis à la retraite et que sa demande de dérogation pour services exceptionnels est refusée par le ministère de la Santé, Lalanne reste néanmoins président de l'ASCARA, association "sans vie propre" et "mise en sommeil" (selon le rapport IGAS), mais qui dépensait encore, en 1989, de grosses sommes imputées par le CAL au cyclotron. C'est-à-dire qu'à son corps défendant, la DDASS a favorisé la mainmise d'un seul homme sur les destinées de Medicyc.

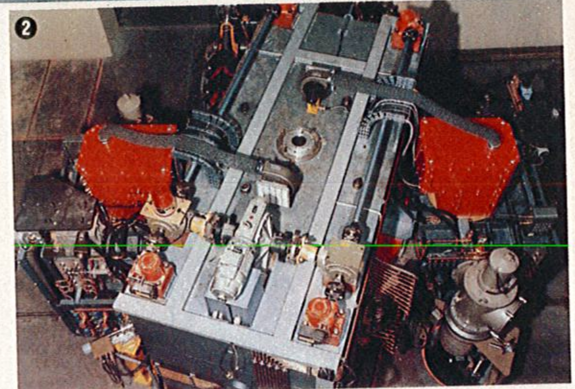
Le Conseil général et la Ville de Nice ont ainsi accordé des subventions et garanti un emprunt de 34 MF pour construire le bâtiment. La mairie de Nice a offert le terrain sur lequel a été construit le bâtiment, et Jacques Médecin, en sa qualité de président de la Ligue départementale contre le cancer, a fait voter par la Ligue des crédits pour le CAL et Medicyc.

Reste à observer que cet appareil expérimental n'a pas encore craché un seul proton ou neutron, ni brûlé une seule cellule cancéreuse. Sur le papier, c'est une merveille : source extérieure d'injection des ions, extraction des protons par arrachement d'électrons, collimateur à lames variables, qui n'existent ensemble dans aucun appareil connu. Mais sa mise au point s'annonce longue et délicate ; après l'assemblage et les essais préliminaires de ses différents composants, il faudra de longues mesures de dosimétrie des faisceaux de protons et de neutrons, et de calibrage exact de ces faisceaux sur des "fantômes" à la forme des organes cibles. Il faudra ensuite faire des essais animaux.

Au bout du compte, et selon les responsables du CAL eux-mêmes, les premiers traitements par protonthérapie ne seront pas faits avant les derniers jours de 1990 et la neutronthérapie demandera plusieurs semaines supplémentaires de mise au point. Certes sa capacité de traitement sera grande : 420 à 630 séances de protonthérapie par an pour traiter 126 malades, et 2 940 séances de neutronthérapie pour soigner 245 patients par an. Mais plus encore que la capacité théorique de la machine, c'est de l'effectif réel de malades susceptibles de bénéficier des deux techniques que dépendra le coût de revient de chaque séance. Et c'est là que le bât blesse.

La radiothérapie est utilisée dans près de 42 % des cas de cancers. Ce sont les tumeurs inaccessibles ou radiorésistantes qui sont justiciables de particules lourdes et notamment des protons à grande vitesse.





Les cyclotrons clés en main existaient déjà il y a 18 ans. Ainsi, Thomson CSF (aujourd'hui General Electric CGR MeV) avait une gamme de cyclotrons produisant classiquement des protons de 16 à 109 MeV, l'un fut vendu aux Japonais (**2**), un autre à Saclay (**1**). C'est ce type d'appareil qu'a refusé Mandrillon, pour réaliser seul un prototype unique en son genre. Mais ce Medicyc-là n'a encore pas craché la moindre paricule, ni brûlé la première cellule cancéreuse.....

On considère aujourd'hui que le nombre de malades susceptibles de bénéficier chaque année de ces protons ou neutrons est de 10 % du nombre total de nouveaux patients adressés aux services de radiothérapie.

L'indication quasi exclusive de Medicyc pour la protonthérapie concerne les mélanomes de la choroïde : 300 nouveaux cas par an en France. Un peu plus de 3 000 malades ont été ainsi soignés dans le monde par ce type d'appareil, avec un très bon succès : on a pu contrôler la tumeur localement dans 99 % des cas. Abbes, déjà cité, n'a toutefois vu que trois tumeurs de l'œil en trois ans. Certaines tumeurs de la base du crâne, surtout celles qui sont peu profondes, pourraient bénéficier aussi des protons de Medicyc.

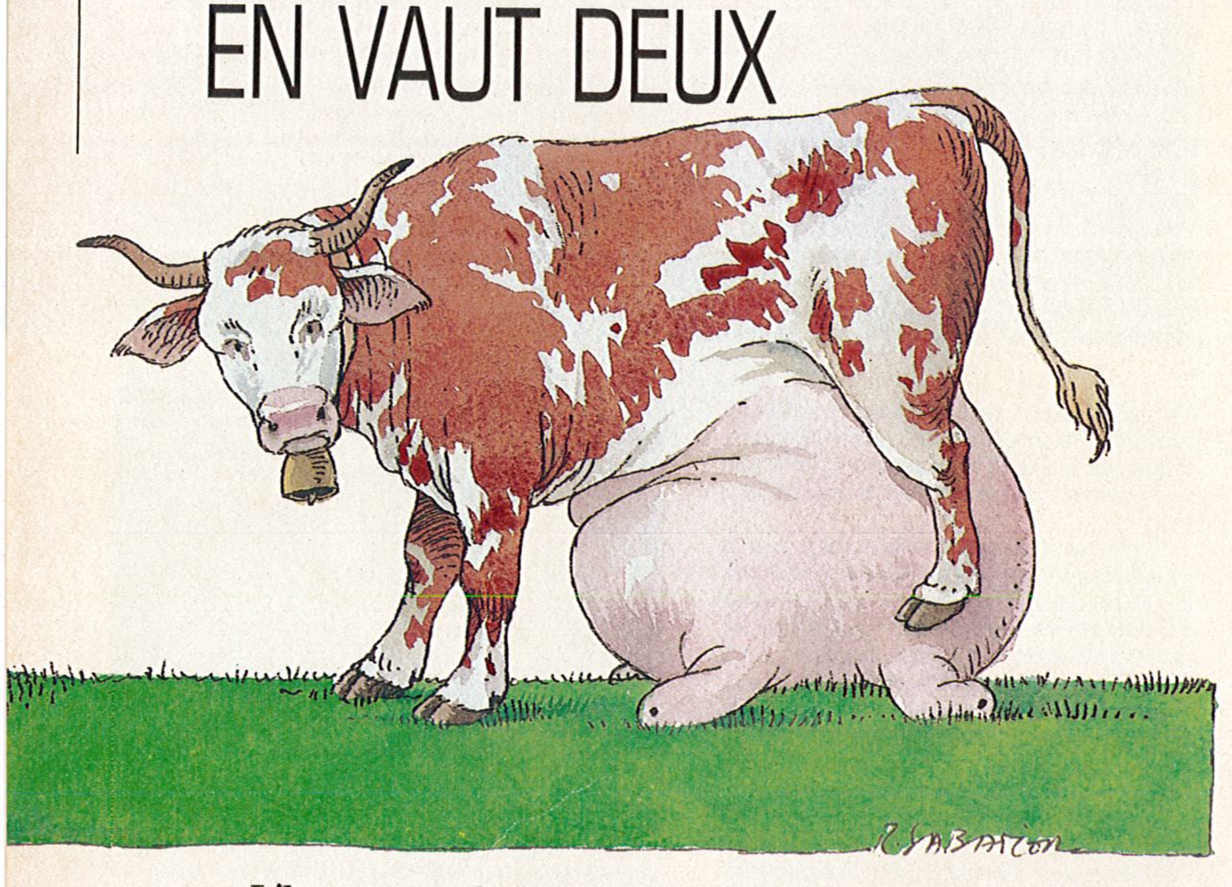
Pour ce qui est des neutrons, leur masse et leur capacité de transférer aux tissus qu'ils traversent leur énergie sont telles qu'ils tuent bien plus sûrement les cellules malades qu'ils visent. C'est précieux pour irradier des tumeurs des glandes salivaires (67 % de contrôle local de croissance de la tumeur), un peu moins utile pour les cancers de la prostate (61 % de contrôle), et bien meilleur que l'irradiation par photons ou électrons pour les sarcomes des tissus mous (53 % de contrôle local). Ajoutons à cela les cancers des os, et des cartilages, les tumeurs des sinus maxillaires, les cancers des bronches, du rectum et du col utérin. Théoriquement, il y a là un potentiel de malades considérable. En réalité, pour les tumeurs oculaires, le centre de Villigen (en Suisse), qui prend en charge les malades français, a soigné par protons 19 personnes en 1987, 55 en 1988, 25 pour les cinq premiers mois de 1989. Tous les malades français n'iront pas à Nice : les malades de l'institut Curie de Paris (qui traite déjà la plupart des 300 nouveaux cas annuels) iront au synchrocyclotron d'Orsay. Et les indications spécifiques de la neutronthérapie des cancers restent à faire.

A Nice, la Fédération nationale des centres de lutte contre le cancer a comptabilisé, pour 1988, le nombre de malades ayant reçu une radiothérapie classique : 495. 10 % de 495, c'est environ 50 patients. Il y avait dans ces 495 patients, 3 nouvelles tumeurs malignes des glandes salivaires, 4 des tissus mous et 12 de la prostate. Ce n'est pas lourd. Conscients de ce point, les médecins ont constitué une association qui regroupe des radiothérapeutes et des physiciens du sud-est de la France, 5 centres de lutte contre le cancer et 4 hôpitaux publics. Le

(suite du texte page 175)

Endocrinologie

AVEC L'HORMONE BST, UNE VACHE EN VAUT DEUX



L'hormone de lactation, ou BST, augmente de 15 à 30 % la production laitière des vaches. Mais cette première grande application du génie génétique en agriculture ne fait pas l'unanimité. Alors que les Etats-Unis s'apprêtent à l'adopter, la CEE hésite. Pourquoi chercher à produire plus de lait quand il y en a déjà trop ? Et bien qu'elle soit inoffensive pour l'homme, éleveurs et fromagers craignent que la BST fasse chuter la consommation de lait.

PAR MARC MENNESSIER

Après le poulet, le veau et le bœuf, le lait aux hormones ? La *Bovin somatotropin* (BST), ou hormone de lactation, pourrait en effet être prochainement autorisée à l'emploi dans les élevages laitiers des Etats-Unis. C'est ce que laisse prévoir un article de la revue *Science* (1) cosigné par deux chercheurs de la Food and Drug Administration (FDA — qui délivre, après contrôle, les autorisations de commercialisation des produits alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques) qui conclut que cette substance est sans danger pour l'être humain. La perspective est d'autant plus probable que c'est la première fois que la FDA communique ses travaux sur un produit avant de l'avoir officiellement homologué.

Sécrétée naturellement par l'hypophyse des bovins, la BST stimule la production laitière de la vache : de 15 à 30 % de gains. Elle stimule aussi la croissance du jeune ; d'où son autre nom d'hormone de croissance. Sa molécule est un polypeptide composé de 191 acides aminés. Tout comme l'insuline, la BST appartient à la catégorie des hormones protidiques, qu'il ne faut pas confondre avec les hormones stéroïdes anabolisantes utilisées dans la production de viande et interdites depuis deux ans dans la CEE.

Isolée pour la première fois en 1936 par des chercheurs russes, son utilisation en élevage a été envisagée en Angleterre pendant la Deuxième Guerre mondiale pour faire face à la pénurie de lait. Mais à cette époque il fallait prélever une vingtaine d'hypophyses sur des animaux morts pour obtenir une dose journalière !

Aujourd'hui — en fait depuis 1982 —, grâce à la manipulation génétique (***voir dessin p. 60***), on est en mesure de produire de la BST de manière industrielle, c'est-à-dire en grandes quantités et à des prix abordables.

L'autorisation prochaine de la BST aux Etats-Unis va-t-elle lui ouvrir aussi les portes de la CEE ? Pour y parvenir, Upjohn, Monsanto, Cyanamid et Eli Lilly, les quatres firmes pharmaceutiques qui la fabriquent, ont engagé des moyens impressionnants. Au total, plusieurs centaines de millions de dollars auraient été investis dans la recherche et l'expérimentation de cette molécule. Des sommes colossales que les industriels espèrent bien — et c'est logique — récupérer en vendant leur produit au plus vite dans un maximum de pays. « C'est la première fois dans l'histoire de la zootechnie qu'une substance pharmaceutique mobilise depuis cinq ans autant d'instituts et d'organismes de recherche à travers le monde entier », relève André Pflimlin, ingénieur à l'Institut technique de l'élevage bovin (ITEB), qui a eu lui-même l'occasion de tester la BST.

Mais la Commission de Bruxelles résiste à la pression. Le Conseil des ministres de l'Agriculture des douze Etats membres a même décidé, en 1989, de repousser d'une année sa décision d'autorisation, le temps de réaliser des études complémentaires. Le délai expire normalement le 31 décembre 1990, mais, de source bien informée, il pourrait être prolongé de six mois. Car la BST recombinée — c'est-à-dire fabriquée industriellement à partir de bactéries modifiées génétiquement — est la première réalisation du génie génétique destinée à l'utilisation massive en agriculture.

En attendant, le Comité des médicaments vétérinaires, qui rassemble des experts des douze pays de la CEE, aura rendu, le 27 novembre, ses conclusions sur cette hormone ; spécialement sur son efficacité, sa qualité et sa toxicité.

Sur ce dernier point, la communauté scientifique s'accorde avec les Américains : l'hormone de lactation bovine est sans danger pour le consommateur humain. Cela est vrai aussi bien pour la BST endogène, c'est-à-dire produite par la vache et qu'on retrouve naturellement dans le lait, que pour celle qui est produite par génie génétique.

L'hormone "artificielle" sans danger pour notre santé

Cependant, celle-ci n'a pas tout à fait la même composition chimique que son homologue naturelle. Le rapport de la FDA révèle — l'information était jusqu'alors tenue secrète — que seule la molécule d'Upjohn est identique à la BST d'origine hypophysaire. Celle de Cyanamid compte trois acides aminés supplémentaires ; celle d'Eli Lilly, neuf. De son côté, la BST de Monsanto possède une methionine à la place d'une alanine. Mais ces différences se situent aux extrémités de la chaîne d'acides aminés et ne concernent pas le site biologiquement actif de la molécule. Les propriétés hormonales de ces trois BST recombinées sont donc identiques à celles de la BST naturelle.

L'homme, comme tous les autres mammifères, sécrète lui aussi sa propre hormone de croissance, ou HST (*Human somatotropin*). Mais elle est très différente de la BST. A preuve, quand on essaya de lutter contre le nanisme en injectant à des enfants de la BST prélevée sur des hypophyses de vaches abattues, les résultats furent nuls. Comme l'expliquent les auteurs de l'article de *Science*, « la BST et la HST possèdent chacune le même nombre d'acides aminés mais leurs séquences diffèrent d'environ 35 %. De plus, la BST ne se lie pas aux récepteurs de la HST dans les tissus humains ». C'est-à-dire principalement dans les os, les muscles, les cartilages et les graisses.

De toute façon, lorsqu'elle est ingérée par voie orale, la BST est dégradée en peptides et en acides aminés par les enzymes digestives. Ces métabolites, dont on pourrait craindre qu'une fois absorbés dans

(1) Dans son numéro du 24 août 1990, "Bovine Growth Hormone : Human Food Safety Evaluation", de J. Juskevitch et G. Guyer.

le sang ils se fixent sur certains récepteurs de l'hormone de croissance humaine — en particulier chez le nouveau-né —, n'auraient aucune activité hormonale susceptible de perturber le fonctionnement de l'hypophyse, et par conséquent le bon déroulement de la croissance.

Et même si un tel risque existait, les teneurs en BST retrouvées dans le lait de vaches traitées sont identiques à celles qu'on retrouve naturellement dans le lait de vaches non traitées : elles sont de l'ordre du milliardième de gramme par millilitre ! Mieux que tout : selon la FDA, 90 % de la BST sont détruits lors de la pasteurisation du lait. « Le problème des résidus de BST ne se pose donc pas en alimentation humaine », concluent les chercheurs.

Pour faire bonne mesure, ceux-ci se sont également penchés sur la concentration du lait en facteur de croissance insulinique 1 (*Insulin-like Growth Factor-1* ou IGF-1). Sous l'action de la BST, l'IGF-1, baptisé aussi somatomédine, est libéré dans le foie et les reins d'où il stimule la production laitière selon un processus physiologique encore mal connu. Là aussi les chercheurs de la FDA ont trouvé que les teneurs en IGF-1 dans le lait de vaches traitées à la BST sont comprises dans les limites des valeurs physiologiques normales du lait de femme. Par ailleurs, tout comme la BST, l'IGF-1 est dénaturé lors du traitement du lait de vache pour fabrication des formules pour nourrisson.

Mais, paradoxe, toute efficace et inoffensive qu'elle puisse être, la BST pourrait malgré tout devenir la première substance vétérinaire interdite pour des raisons autres que scientifiques. Les conséquences socio-économiques de son emploi dans les élevages européens sont les principales raisons des atermoiements des autorités de la CEE à son égard. Le débat se résume à une question simple : pourquoi chercher à produire plus de lait quand il y en a déjà trop ? Depuis 1984, en effet, la production laitière en Europe est limitée par des quotas. Quand un éleveur dépasse son "droit à produire", il paie à la fin de l'année laitière (qui va du 1er avril au 31 mars de l'année suivante) une pénalité de 2,15 F par

DE L'HORMONE DE VACHE FABRIQUÉE PAR DES BACTÉRIES



litre de lait excédentaire. Soit une amende plus élevée que les 1,90 F qu'il reçoit pour chaque litre de lait produit dans les limites de son quota.

Cette réglementation sévère a permis de faire fondre les stocks de poudre de lait et les montagnes de beurre qui obéraient le budget de l'Europe et défrayaient la chronique au début des années 1980. Il ne faudrait donc pas que la BST utilisée de façon anarchique vienne anéantir les résultats de longs efforts. La situation est bien différente aux Etats-Unis, puisqu'il n'y a pas de quotas. Là, les éleveurs sont libres d'augmenter leur production comme bon leur semble. Idem en URSS, en Tchécoslovaquie, en Afrique du Sud et en Argentine, où la BST vient d'être officiellement autorisée à la vente.

Les firmes pharmaceutiques avaient-elles prévu l'instauration des quotas en Europe lorsque, dans

les années 1970, elles mettaient au point leurs molécules ? Vraisemblablement non. Mais selon Olivier Reboul, directeur de la division productions animales chez Monsanto, « un facteur de productivité ne sert pas forcément à accroître les quantités produites. Depuis l'instauration des quotas, on redécouvre que cela peut permettre aussi de réduire les coûts ».

A condition de traiter l'ensemble du troupeau, on peut, en effet, produire la même quantité de lait avec moins de vaches. Ce pourrait être plus économique, car une vache, quelle que soit sa lactation, a des besoins dits d'"entretien", qui sont couverts par une ration de base composée essentiellement de fourrages. Et cette ration est "supplémentée" par une alimentation plus riche à base de concentrés (tourteaux de soja ou de colza, céréales, etc.) dont le volume dépend du niveau de production laitière. Par conséquent, en réduisant la taille du troupeau, on diminue les frais fixes d'entretien, et la surface fourragère ainsi libérée peut être utilisée pour d'autres activités (productions végétales, autres élevages, etc.).

Autre solution : garder le même nombre de vaches mais utiliser la BST — selon la terminologie des firmes — comme un "outil de gestion" ou un "robinet à lait" qu'on ouvre ou ferme à volonté. La BST est, en effet, très souple d'emploi et ne nécessite, de la part de l'éleveur, aucun investissement particulier hormis l'achat de seringues ! De plus, les fabricants ont mis au point, dès 1985, des formules "retard" qui permettent de ne piquer les vaches que tous les 14 à 28 jours. La durée d'une lactation étant d'environ 300 jours, les traitements peuvent être réalisés ou interrompus entre le 90e jour qui suit la mise-bas et le tarissement, c'est-à-dire l'arrêt de la sécrétion lactée.

La valeur symbolique du lait menacée par l'hormone BST

Les réponses à une injection de BST sont immédiates et spectaculaires. En moyenne, la production augmente en quelques jours de 3 à 6 kg par vache. Ce qui, selon le niveau de production antérieur de cette dernière, correspond à des gains relatifs compris entre +15 et +30% ! Mais la variabilité entre animaux est très forte puisque les extrêmes se situent entre 0 (avec parfois des réponses négatives) et 11 kg... Ces différences étant vraisemblablement d'origine génétique, va-t-on un jour sélectionner les vaches en fonction de leur aptitude à répondre à la BST ?

En tout cas, cette hormone peut aider l'éleveur à atteindre sa quantité de référence. Imaginons en effet que celle-ci soit de 200 000 litres. Si au 1er janvier, soit trois mois avant la fin de l'année laitière, il constate que son troupeau ne pourra produire que 180 000 litres — soit 20 000 litres de moins que son quota —, le traitement d'une partie de ses vaches à la BST comblera le retard et évitera un fort manque à gagner. De telles situations se produisent, par exemple, en cas de perte subite d'animaux due à des maladies ou à la réforme prématurée de vaches mauvaises productrices. La BST peut aussi permettre à l'éleveur de faire produire ses vaches de préférence en automne et en hiver, à un moment où le lait est mieux payé.

Elle peut également faciliter l'installation d'un jeune agriculteur en ménageant sa trésorerie. Lors de la constitution de son troupeau, ce dernier pourra mieux étaler ses achats d'animaux et se contenter au départ d'un nombre de bêtes réduit.

Enfin, si l'éleveur obtient un supplément de quota, la BST est un bon moyen de le valoriser. Mais actuellement, le transfert de "droit à produire" entre éleveurs est interdit s'il n'y a pas simultanément achat du foncier correspondant. En effet, pour éviter la concentration de la production dans certaines régions au détriment d'autres, moins favorisées, il a été décidé que le droit de produire était lié à la terre. Mais cette réglementation pourrait à l'avenir se libéraliser, avec l'instauration d'un véritable "marché des quotas".

Toutefois, il ne suffit pas de piquer une vache à la BST pour lui faire produire plus de lait : « Aucun résultat sur des vaches mal nourries et en mauvaise santé, avertit Pflimlin. En aucun cas, elle ne peut servir à rattraper une mauvaise conduite d'élevage. » La BST, d'un maniement délicat, intéressera donc, au moins dans un premier temps, les éleveurs les plus compétents. De fait, pendant les trois premiers mois de la lactation, l'appétit de la vache ne croît pas aussi vite que sa production laitière, qui atteint là son maximum (le pic se situe environ 6 semaines après la mise-bas) ; son bilan énergétique est donc négatif. Pour le combler, elle puise dans les réserves de graisses qu'elle a accumulées pendant les deux mois de tarissement qui précèdent le vêlage. Ce n'est qu'entre le 2e et le 4e mois après le début de la lactation que la capacité d'ingestion commence à augmenter suffisamment pour que la ration journalière couvre les exportations de nutriments dans le lait. Plus la vache est grande laitière, plus le déficit énergétique est important, et plus minutieusement l'alimentation doit être réglée. L'emploi de la BST ne fait que renforcer encore cette exigence. D'autant que l'on note un délai de 6 semaines entre la première injection et l'augmentation d'appétit nécessaire à la couverture de ce supplément de besoins. La vache devra donc puiser davantage sur ses réserves.

Dans l'ensemble, l'ITEB note tout de même que la BST améliore de 6 % l'efficacité apparente de la ration alimentaire totale de la vache : les besoins d'entretien ne sont pas modifiés mais "dilués" sur un plus grand nombre de litres de lait produits. Les essais montrent que les augmentations de production les plus significatives — entre 4 et 6 kg par

vache et par jour — ont été obtenues avec des rations composées de fourrages très énergétiques comme le maïs ensilé et enrichi d'aliments concentrés, à raison d'1 kg pour 3 kg de lait produits en plus. De même, dans un essai mené avec Monsanto, l'ITEB a constaté que des vaches nourries au pâturage avec un complément de maïs-ensilage avaient des réponses moindres à la BST, c'est-à-dire comprises entre +3 et +4 kg ; et que celles-ci chutaient à 1,7-2 kg en l'absence de complémentation. Un des essais en pâture exclusive, c'est-à-dire sans aucun complément, a même donné des résultats nuls, voire négatifs !



Boiriez-vous du lait de vache traitée ? Aux Etats-Unis, sept grandes chaînes de distribution ont déjà fait savoir qu'elles n'achèteraient pas de lait provenant de troupeaux traités à la BST.

Or, la nécessité de disposer d'une nourriture à la fois riche et abondante favorise a priori les régions comme l'ouest de la France, la Belgique ou les Pays-Bas. Car ces régions sont propices à la culture du maïs, et la proximité des ports permet aux éleveurs de s'approvisionner à bon compte en aliments concentrés importés. En France, pays herbager par excellence, l'intérêt de la BST est moindre qu'aux Etats-Unis, où les éleveurs disposent de céréales et de concentrés comme le soja, à des prix plus bas qu'en Europe.

Et la santé des bêtes ? La BST n'y change rien. A Monsanto et à Elanco (filiale française d'Eli Lilly), on assure que dans les essais, des vaches actuellement en cinquième année de lactation au régime BST sont en aussi bonne santé que les animaux témoins.

On note tout de même une légère recrudescence des mastites : il s'agit d'inflammations de la mamelle, qui ne seraient pas causées par la BST, mais par l'accroissement de la production laitière. Et de fait, il est reconnu, par exemple, que les vaches à haut potentiel de rendement — en dehors de tout traitement à la BST — sont plus sensibles à ce type d'affection que celle dont le potentiel est moindre.

Plus réels sont les risques que la BST perturbe les mécanismes de la reproduction. Chez la vache, l'ovulation n'intervient que 7 à 8 semaines après le vêlage, c'est-à-dire en plein déficit énergétique. Plus la vache donne de lait, plus ce déficit est important et plus la reproduction a de chances d'être perturbée. La vache non fécondée ovule une nouvelle fois 21 jours plus tard. Mais, à partir du 3e ou du 4e retour en chaleur, les pertes pour l'éleveur sont trop importantes, du fait de l'allongement excessif de la période improductive, entre le tarissement et le vêlage suivant. Et cette stérilité temporaire ou définitive vaut à l'animal une réforme prématurée.

Pour éviter cela, Monsanto et Elanco conseillent de ne pratiquer la première injection de BST qu'à partir du 90e jour de lactation, à un moment où la vache a toutes les chances d'être déjà gestante. De plus, passé ce délai, la BST est d'autant mieux supportée que l'accroissement de la capacité d'ingestion a déjà rééquilibré en partie le bilan énergétique.

Il est pour l'instant bien difficile de chiffrer les gains économiques qu'un éleveur peut espérer tirer de la somatotropine, dans la mesure où le prix de cette dernière est jalousement tenu secret par les fabricants. L'INRA calcule que la marge brute additionnelle par vache et par an pourrait varier entre 50 et 1 500 F. Compte tenu du fait que la BST reviendra au moins à plusieurs centaines de francs par animal et par an, cela signifie qu'un usage inadapté occasionnera des pertes...

Les choses sont encore plus complexes : si la BST permet bien de réduire certains coûts fixes, et d'avoir autant de lait avec moins de vaches, il faut rappeler que moins de vaches signifie moins de veaux de lait, moins de ventes d'animaux de réforme et moins de génisses de reproduction, qu'il faudra donc acheter à l'extérieur. A ces diminutions de recettes, s'ajoute la nécessité de trouver pour la main-d'œuvre et les surfaces libérées une activité de substitution au moins aussi rentable que la production laitière. Pari difficile, quand on sait que celle-ci offre en moyenne des marges brutes comprises entre 8 000 et 12 000 F à l'hectare. A part la betterave sucrière, réservée au quart nord-est de la France, et certaines cultures légumières souvent très spéculatives, aucune production végétale ne

peut rivaliser. Quant aux productions de viande, les marchés, saturés, sont en dépression chronique. Et ce ne sont pas les abattages de vaches consécutifs à l'utilisation de la BST qui contribueront à faire grimper les prix ! Enfin, il paraît peu vraisemblable que la BST soit massivement employée par les éleveurs en sous-réalisation de quotas.

L'Office national interprofessionnel du lait (Onilait) calcule en effet qu'un éleveur français sur deux termine l'année en moyenne à 10 % en-dessous de sa quantité de référence ; l'autre moitié la dépassant à peu près dans les mêmes proportions. Or, les enquêtes de cet organisme montrent que les éleveurs en déficit, qui comptent bon nombre de gens âgés et proches de la retraite, ne sont ni les plus dynamiques, ni les plus ouverts au progrès technique. Les candidats potentiels à l'emploi de la BST se recruteraient donc plutôt dans la seconde catégorie... Et il peut paraître paradoxal de mettre entre les mains de gens qui ont déjà du mal à rester dans les clous, une substance aussi sensible.

Compte tenu de tous ces facteurs, il apparaît que les calculs de rentabilité se feront au cas par cas. Des prévisions parlent d'un taux de pénétration de 25 % en France en 1995, contre 80 % aux Etats-Unis à la même date. « De toute façon, c'est le marché qui décidera, conclut Olivier Reboul. Si les éleveurs ne sont pas intéressés par le produit, ils ne l'achèteront pas. »

Pour le moment, les futurs utilisateurs potentiels de la BST ne sont pas enthousiastes. La Confédération paysanne, qui rassemble surtout les petits producteurs, y est farouchement opposée. Ses responsables estiment que tous les calculs de rentabilité effectués jusqu'à présent sont faux, car ils partent d'une hypothèse de prix du lait constant. Mais, d'après eux, ce serait la première fois dans l'histoire de l'agriculture qu'un gain de productivité de cette importance n'engendre pas une baisse du prix à la production. Et donc la nécessité, pour s'en sortir, d'accroître encore et toujours les rendements...

En France : 25 % de vaches BST d'ici à 1995

Même si elle est plus modérée, la FNSEA est aussi très réservée. Tout comme le Comité des organisations professionnelles agricoles européennes (COPA). En juillet 1989, ce dernier publiait un communiqué demandant que « des recherches indépendantes soient conduites par des instituts de recherche sous l'égide de la Commission de Bruxelles », afin, entre autres, « d'examiner les répercussions de l'utilisation de la BST sur la gestion de l'exploitation individuelle et sur le secteur des productions animales dans son ensemble ».

Le monde agricole est en effet à peine remis du choc consécutif à l'instauration des quotas. En six ans, et rien qu'en France; cette mesure a fait chuter la production de 11,3 %, entraînant l'abattage de 1,6 million de vaches et la disparition de 159 000 éleveurs ! Des 427 000 éleveurs recensés en 1983, il n'en restait plus, en effet, que 268 000 fin 1988 lors du dernier recensement général de l'agriculture : soit une baisse moyenne de 8,9 % par an ! Avant les quotas, le rythme annuel des cessations d'activité n'était que de 4 %. Peu de catégories socio-professionnelles ont connu une réduction d'effectifs aussi brutale et rapide.

Quelle sera l'évolution dans les dix prochaines années ? La BST causera-t-elle un choc comparable à celui des quotas ? Des études d'organismes de recherche indiquent que la BST n'aurait qu'un effet marginal. Ainsi, le service de statistiques (SCEES) du ministère de l'Agriculture prédit qu'il ne restera plus en France, en 1995, que 145 000 producteurs, contre 310 000 dix ans plus tôt, soit moitié moins. Et cela sans la BST, mais sous l'effet conjoint des quotas, de l'augmentation des rendements due au progrès génétique et du vieillissement de la population des producteurs laitiers, dont une forte proportion n'a pas de successeurs. En prenant l'hypothèse d'une pénétration croissante de 1 à 25 % de la BST dans les élevages français dans les cinq prochaines années, et en ne traitant que le tiers des vaches, Christian Mouchet, professeur à l'Ecole nationale supérieure d'agronomie de Rennes, calcule que la BST accroîtrait de 0,3 à 0,7 % le rythme de disparition annuel des élevages, qui sera de toutes façons en moyenne de 6 % sur cette même période. La BST n'occasionnera donc pas a priori de nouvelle révolution, mais elle ne contribuera pas non plus à renverser la tendance à la concentration et à la course aux rendements qui s'affirme depuis 30 ans et qui est l'une des principales causes du désarroi actuel des agriculteurs.

Les problèmes vont loin : comment être plus performants, plus compétitifs, donc de moins en moins nombreux, et dans le même temps occuper l'espace rural menacé par la désertification et les feux de forêt ? D'un côté, poussés à l'intensification et de l'autre appelés à devenir les "jardiniers de la nature", les agriculteurs ont de plus en plus de mal à déchiffrer les messages contradictoires que leur délivrent les autorités européennes. Et ce n'est pas la BST qui va les aider à définir leur nouvelle identité! Sans parler de la contrainte écologique : l'association France-Nature Environnement a lancé une pétition contre la BST, accusée d'encourager les "étables-usines à lait", c'est-à-dire les plus polluantes.

Mais s'il faut pour toutes ces raisons interdire la vente de la BST, Bruno Alexandre, directeur de la communication chez Elanco, estime qu'« il faut aussi s'en prendre, en bonne logique, aux autres facteurs de productivité, c'est-à-dire à l'intensification fourragère, à l'informatique, à la robotique

(suite du texte page 174)

LES INSECTES MIS SUR ECOUTE





Quelques larves de charançons pelotonnées chacune à l'intérieur d'un grain de blé enfoui au fond d'un silo peuvent, avec leur descendance, causer des dégâts considérables. Comment prévenir cette catastrophe ? Deux chercheurs de l'INRA ont eu la bonne idée... d'écouter le bruit de leurs pattes et de leurs mandibules. Brrr ! ! !

Les 500 millions de tonnes de grains stockés dans tous les silos et greniers de la planète constituent un formidable garde-manger pour les charançons, teignes, ténébrions, capucins, alucites et autres bruches. Dans les pays tropicaux, où les conditions climatiques leur sont favorables, ces ravageurs engendrent, en quelques mois de stockage, des pertes comprises entre 15 et 20 %. Sous nos latitudes plus tempérées, leur reproduction est moins rapide mais leur présence peut causer aussi de graves préjudices.

En effet, la détection d'un seul insecte adulte, dans un échantillon de contrôle au moment d'une transaction, rend l'ensemble du lot impropre à l'exportation. Car Dieu seul sait combien cet individu aura fait de petits une fois la cargaison arrivée à destination ! On se souvient, à ce propos, qu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale des bateaux de blé argentins étaient arrivés entièrement "charençonnés" dans les ports français. Les stockeurs de céréales ne prennent donc aucun risque et traitent systématiquement l'ensemble de leurs silos à l'insecticide. Mais la méthode a aussi ses limites : les résidus de ces produits ne sont pas sans danger pour l'homme et l'environnement. Par ailleurs, des traitements répétés peuvent sélectionner des individus résistants, qu'il sera très difficile de détruire par la suite.

L'idéal serait de ne traiter les silos qu'en début d'infestation, c'est-à-dire avant l'apparition des adultes. Mais voilà : comment détecter les larves, par définition invisibles, puisqu'elles vivent à l'intérieur du grain ? René-Guy Busnel et André-Jacques Andrieu, chercheurs à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), à Jouy-en-Josas, ont eu la bonne idée... de les écouter. En se déplaçant et en rongeant les grains avec leurs mandibules, adultes et larves émettent, en effet, des bruits aériens et des vibrations mécaniques d'une très faible amplitude, que l'on peut détecter au moyen de capteurs piézoélectriques très sensibles. Il ne reste ensuite qu'à amplifier puis filtrer le signal pour obtenir un enregistrement parfait.

Les premiers travaux de Busnel et Andrieu remontent déjà à près de vingt-cinq ans. Mais, lors de la Ve Conférence internationale sur la protection des denrées stockées, qui s'est tenue à Bordeaux du 9 au 14 septembre dernier, l'audition d'un disque compact édité par l'INRA, sur lequel était enregistrée toute une panoplie de bruits d'insectes, a fait sensation. Cinq cents congressistes, tout ouïe, ont ainsi constaté que le bruit des pattes crochues d'un charançon adulte marchant sur des grains ressemblait à s'y méprendre à celui de la pluie crépitant sur la chaussée. Et que le son amplifié de rangées de mandibules rongeant et grignotant inlassablement les grains aurait fait merveille dans un film d'Hitchcock ! Ces bruits de mastication sont très brefs ; surtout ceux des larves qui sont également plus aigus mais de moindre intensité que ceux des adultes. Ils varient aussi selon la dureté des grains infestés : l'enregistrement d'une larve de charançon s'attaquant à du blé tendre n'est pas identique à celui de cette même larve mangeant du blé dur ou du maïs.

PAR MARC MENNESSIER

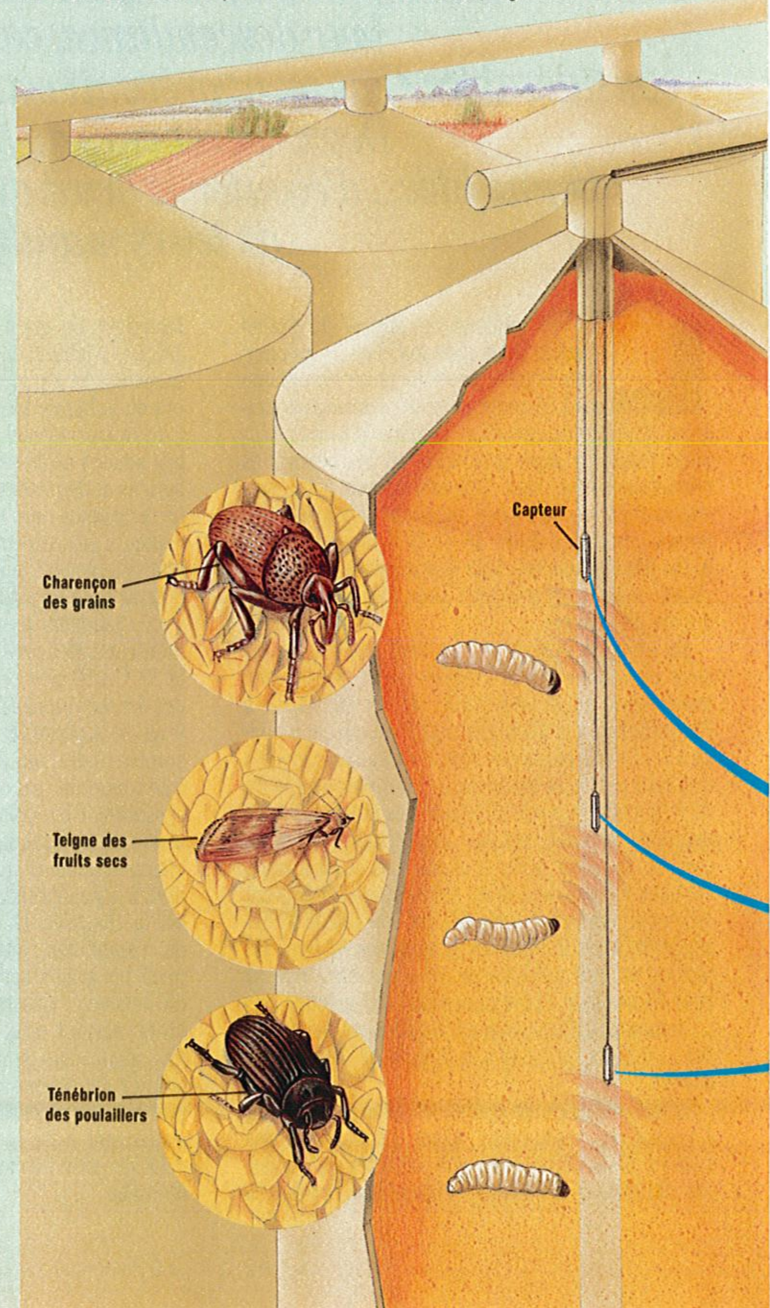
La technique d'application initialement proposée par Busnel et Andrieu consistait à placer un échantillon de grains provenant d'un silo dans une enceinte sourde en présence d'un capteur. Avec un peu d'entraînement, il est alors très facile pour l'opérateur de déterminer quasi instantanément la présence de larves ou d'adultes, ainsi que leur densité. Mais, craignant des erreurs d'appréciation, notamment en cas de contrôle lors d'une transaction, les stockeurs ont boudé cette méthode jugée trop

PLUS DE VIE PRIVÉE POUR LES CHARENÇONS

Les sons, ou plutôt les infimes variations de pression exercées par les vibrations mécaniques émises par les ravageurs lorsqu'ils rongent le grain, sont détectés par un capteur piézoélectrique très sensible fonctionnant à la manière d'un micro. Ce signal, très faible, est aussitôt amplifié au moyen d'un préamplificateur de tension placé juste derrière le capteur, à l'intérieur de la gaine à haute résistance mécanique ; sans cette amplification, le signal, extrêmement faible, risquerait d'être noyé dans les parasites, lors de sa transmission. Les sons émis par les adultes sont plus forts que ceux des larves : l'amplification nécessaire pour les signaux des adultes varie entre 60 et 80 dB et entre 80 et 100 dB pour ceux des larves.

Après passage dans un amplificateur de puissance comparable à celui d'une chaîne haute-fidélité, le son arrive sur le filtre, celui-ci améliore le rapport signal/bruit en éliminant les fréquences graves inférieures à 500 Hz. Les insectes étant des animaux de petite taille, ils émettent surtout des sons de fréquences moyennes ou aiguës, comprises entre 1 000 et 20 000 Hz. On sélectionne donc à l'intérieur de ce créneau assez large, la plage de fréquence où les sons produits par les insectes comportent le maximum d'énergie. Il convient toutefois de ne pas choisir de fréquences trop élevées, les bruits très aigus s'atténuant très vite avec la distance. Actuellement, les capteurs mis au point par l'INRA peuvent, à condition d'être correctement réglés, capter des bruits émis par une larve distante de 30 cm ! A noter, enfin, qu'en ne retenant que les fréquences supérieures à 1 000 Hz, on élimine la majeure partie des bruits parasites extérieurs, qui sont, eux, plutôt graves.

Pour obtenir ensuite un enregistrement en "tout ou rien" permettant de savoir si le capteur a détecté ou non des ravageurs, on utilise un signal auxiliaire : dès que l'amplitude du signal capté dépasse un seuil donné, le signal auxiliaire passe de 0 à 1 et provoque l'inscription d'un point sur le papier. Chaque bande (verticale) de l'enregistrement correspond à un capteur déterminé. L'opérateur chargé de la surveillance des silos peut donc ainsi détecter, dans l'espace et dans le temps, la présence éventuelle d'insectes et décider ou non de procéder à un traitement. Cette méthode acoustique permet de surveiller en continu l'état d'infestation d'une réserve de grain, pratiquement de la même façon que l'on mesure, également à l'aide de



"subjective". Le brevet, aujourd'hui tombé dans le domaine public, n'a donc jamais été exploité.

Les chercheurs n'en sont pas restés là. En collaboration avec Francis Fleurat-Lessard, chercheur à l'INRA de Bordeaux, André-Jacques Andrieu a récemment conçu une méthode de détection acoustique préventive (***voir encadré ci-dessous***) destinée à avertir l'industriel d'un éventuel début d'infestation. Les capteurs sont placés directement dans le silo. Dès qu'un bruit d'insecte est détecté, le signal s'inscrit sur un enregistreur graphique d'événements sonores situant l'arrivée des ravageurs dans l'espace (chaque capteur correspond à une bande sur le graphique) et dans le temps.

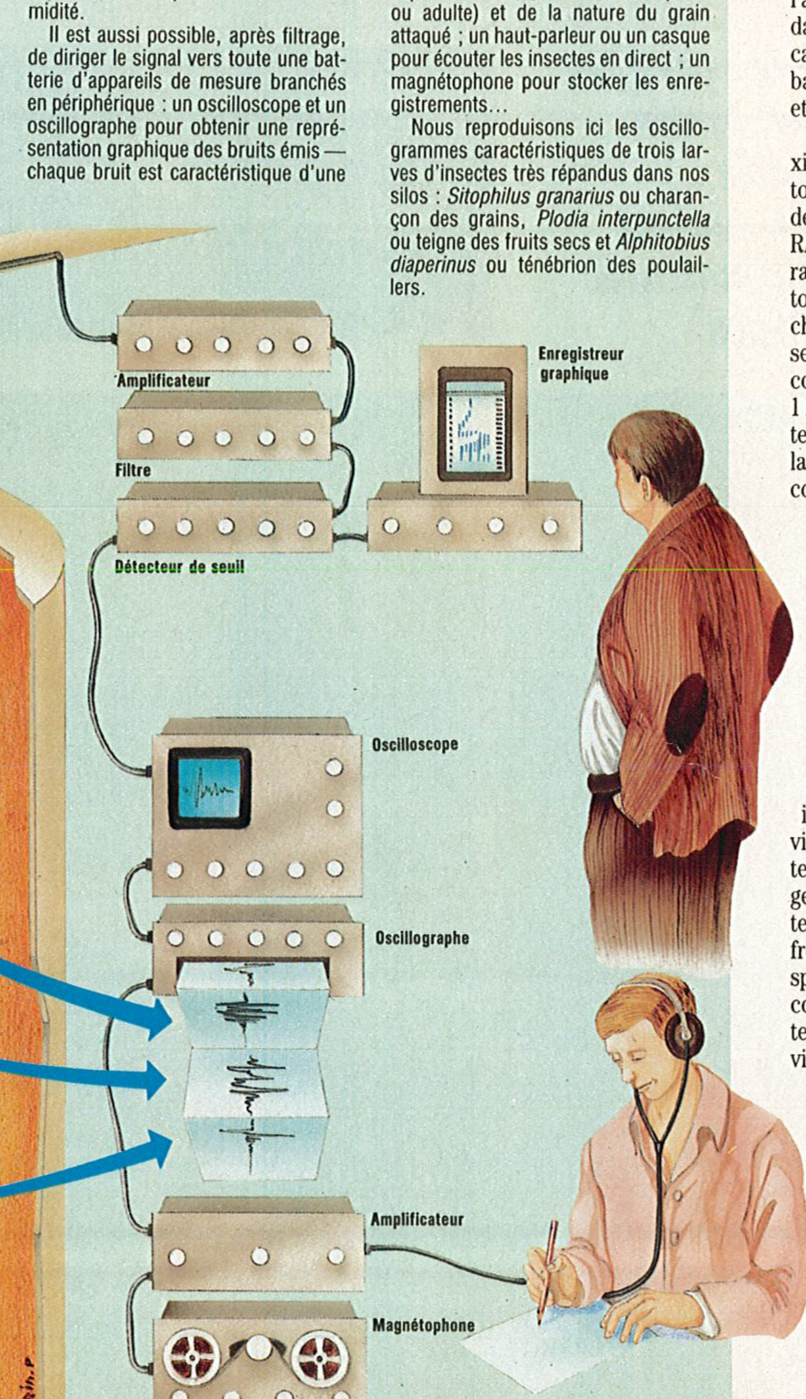
Cet équipement n'existe qu'à l'état de prototype au laboratoire des denrées stockées de l'INRA de Bordeaux et coûterait, fabriqué en série, autour de 100 000 F. Sachant qu'un traitement insecticide de contact coûte environ de 0,60 à 1 F la tonne, sans compter les opérations de désilage, chaque application coûte à l'industriel entre 6 000 et 10 000 F pour une capacité de stockage de 10 000 t. Mais pour bien tuer les larves, il faut procéder à des fumigations qui coûterait cinq fois plus cher. En évitant les traitements réalisés inutilement, une telle installation serait très vite amortie. Outre la détection des insectes ravageurs du grain, cette technique acoustique offre de multiples autres perspectives d'application, comme le dépistage des termites et autres insectes vivant dans les boiseries des habitations (1) ou des chenilles dans les fruits au moment du tri. Les insectes n'ont pas fini de se faire entendre !

Marc Mennessier

capteurs, sa température ou son humidité.

Il est aussi possible, après filtrage, de diriger le signal vers toute une batterie d'appareils de mesure branchés en périphérique : un oscilloscope et un oscillographe pour obtenir une représentation graphique des bruits émis — chaque bruit est caractéristique d'une espèce d'insecte, de son stade (larve ou adulte) et de la nature du grain attaqué ; un haut-parleur ou un casque pour écouter les insectes en direct ; un magnétophone pour stocker les enregistrements...

Nous reproduisons ici les oscillogrammes caractéristiques de trois larves d'insectes très répandus dans nos silos : *Sitophilus granarius* ou charançon des grains, *Plodia interpunctella* ou teigne des fruits secs et *Alphitobius diaperinus* ou ténébrion des poulaillers.



(1) *Science & Vie* n° 871.

Ethologie

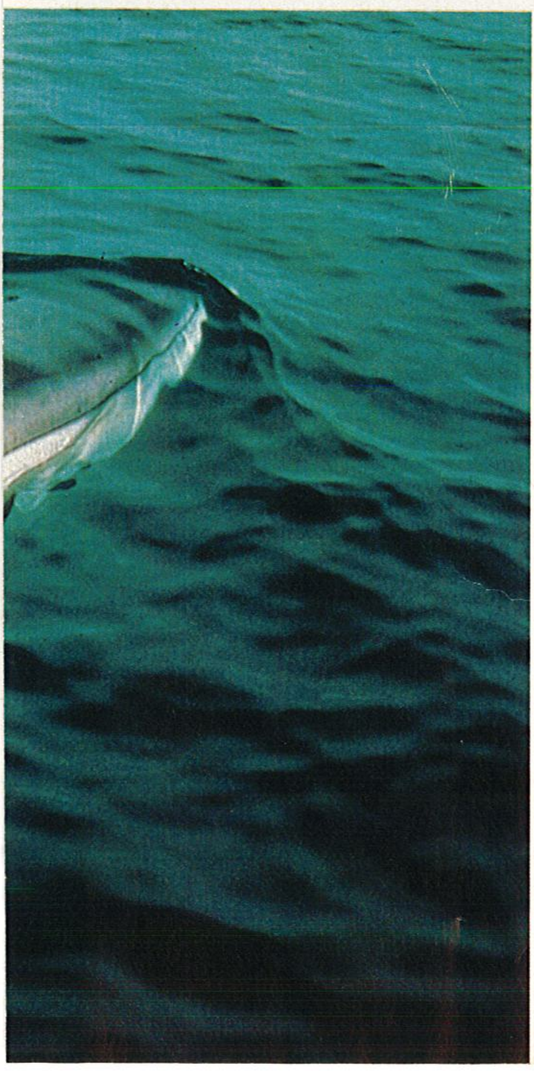
CHASSE À LA BALEINE EN MÉDITERRANÉE

PAR MARGUERITE TIBERTI

Pour suivre les périples du rorqual commun de Méditerranée, les cétologues veulent marquer l'animal avec une balise Argos.







Samedi 29 septembre, le navire de l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer croise au large de Toulon. A 11 h, la patience de Denise Viale (1), en vigie depuis 6 h sur le pont supérieur, est récompensée : une baleine est en vue ! La cétologue, aidée de l'équipage, met un pneumatique à l'eau. A bord se trouvent un barreur, un technicien et un tireur d'élite (2). Le canot s'approche à 2 m de la baleine. Cette dernière sonde (plonge), 50 m plus loin elle émerge à nouveau et file à 12 nœuds. Les hommes la rattrapent. Ils sont à 1,50 m, à bout portant, ils tirent ! La baleine s'en sortira sans mal, l'objectif de l'équipe n'étant absolument pas destructif, mais scientifique.

Il s'agit de fixer une balise Argos sur la nageoire dorsale d'un rorqual commun, Balaenoptera physalus, seule espèce de baleine rencontrée en Méditerranée. Le but est de suivre ses déplacements par satellite.

La balise est fixée à un harpon, lui-même propulsé par un fusil lance-grenade ; elle pèse 5 kg. Fichée dans le cartilage de la nageoire du mastodonte, elle serait comparable à une boucle d'oreille de flibustier... Si la tentative de pose de la balise avait réussi. Or, le harpon n'a pas suffisamment pénétré la nageoire, la balise est retombée. Tout est à recommencer.

Les premières tentatives de Denise Viale remontent à juillet 1988. Le harpon s'était alors révélé trop court et le fusil, pas assez puissant. En septembre de la même année, la cétologue repartit à la charge ; des manœuvres militaires la renvoyèrent au port. Jusqu'en juillet 1989, où elle expérimenta un harpon plus long et un fusil plus puissant. Le harpon, trop





Pour cette "chasse pacifique", il a fallu concevoir et fabriquer des versions successives, et de plus en plus perfectionnées, de fusils et de harpons. Quant à la balise, sa version initiale (à droite) pesait 17 kg et avait une autonomie de 6 mois. Le prototype actuel (à gauche) dure 3 mois, mais ne pèse plus que 5 kg.

fragile, cassa. En septembre 1989, un nouveau harpon conçu dans un nouvel alliage inoxydable se tordit. En juillet 1990, un troisième type de harpon, plus solide, était prêt. La balise a été revue, elle ne pèse plus 17 mais 5 kg. Mais la mission est encore remise pour cause de manœuvres militaires. Quand enfin, en septembre 1990, le nouveau matériel est testé, on s'aperçoit que cette fois-ci le harpon résiste, mais ne pénètre pas suffisamment la nageoire. Il lui faut une pointe plus acérée.

Les cétologues sont loin d'être découragés. Sur les six missions qui leur ont été accordées, ils n'ont finalement eu que 12 jours de mer. Ils ont pu mettre en joue 10 baleines et n'ont manqué la nageoire qu'une fois. Ce qui n'est pas un mince exploit. Le mastodonte de 22 m de long n'a, en effet, qu'une toute petite dorsale de 40 cm sur 30 ; et il ne reste en surface que deux minutes, durant lesquelles il n'émerge que deux fois trois secondes !

Pourquoi tant d'efforts ? Pour savoir si les baleines de Méditerranée sont indigènes de cette mer ou si elles y viennent en villégiature.

Un fait est certain : toute l'année on croise des baleines en Méditerranée. On estime leur effectif à deux ou trois centaines. Cela ne suffit absolument pas pour certifier qu'elles sont sédentaires.

On peut en effet imaginer, comme Denise Viale, que deux populations distinctes de la même espèce de rorqual, se croisent en Méditerranée. Il faut alors admettre que les troupeaux de trois à onze individus que l'on y voit l'hiver viennent de l'Atlantique Nord, plus précisément de la mer d'Ecosse. La Méditerranée serait leur aire de reproduction.

En revanche, les troupeaux rencontrés l'été en Méditerranée, iraient hiverner et se reproduire au large des côtes de Mauritanie.

A l'appui de cette thèse, trois arguments. Le premier est métabolique : on trouve, en analysant les graisses des baleines, les mêmes lipides chez des individus pêchés en Méditerranée et en mer d'Ecosse. Le second est écologique : la Méditerranée étant réputée pauvre, les mastodontes doivent faire ailleurs provision de nourriture. Le troisième est de bon sens : chaque fois que la pêche a été autorisée à Gibraltar, passage obligé des baleines de l'Atlantique vers la Méditerranée, cette dernière a vu décroître brutalement sa population en cétacés.

A contrario, si l'on suppose que les baleines ne migrent pas mais demeurent toute leur vie en Méditerranée, cela a des implications écologiques importantes. Car, pour nourrir un rorqual, il faut des tonnes de petits crustacés euphausiacés et copépodes ; il faut donc supposer que la Méditerranée n'est pas si stérile (ou oligotrophe) que cela.

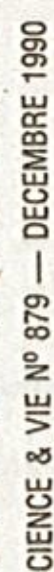
Pour trancher entre ces deux hypothèses, il n'y a que le système Argos. Celui-ci fait appel à deux satellites NOAA G et H et à une balise qui émet régulièrement des signaux pouvant, sous nos latitudes, être captés quatre fois par jour. Ces signaux sont régulièrement transmis au centre de la NOAA, puis acheminés vers le Centre national d'études spatiales (CNES) de Toulouse. Ils sont alors traduits en latitudes et longitudes, puis mis à la disposition des scientifiques via le Minitel.

La balise mise au point pour Denise Viale par Jean-Jacques Pesando, est bien particulière. Elle doit résister à de fortes pressions, la baleine pouvant plonger jusqu'à 600 m, et doit flotter dès que l'animal approche de la surface. A cet effet, elle est protégée par un bâti en fibre de carbone. La fréquence de son émetteur a été augmentée pour atteindre un bip toutes les 40 secondes, contre un toutes les 100 s pour une balise classique. Il est en effet impératif, pour une bonne localisation, que le satellite entende la balise trois fois de suite. Or, on l'a vu précédemment, une baleine ne reste pas plus de 2 minutes en surface ; faites le calcul. Enfin l'aérodynamisme de l'engin est tel, que l'antenne se positionne immédiatement vers le haut dès que la baleine approche de la surface.

Dès la prochaine mission, dont la date n'a pas encore été fixée, on pourra enfin suivre les déplacements d'un animal pendant environ deux mois. Passera-t-il par Gibraltar ?

Marguerite Tiberti

(1) de l'université de Corte
(2) de l'Etablissement militaire régional de Corte.




DESCARTES
RELAIS
Il y a tellement d'idées de cadeaux dans les boutiques-pilotes JEUX DESCARTES, qu'une seule page de votre magazine ne suffit pas à vous les présenter. Le mieux serait que vous veniez directement voir ce que nous avons à vous proposer en jeux de société, jeux classiques, puzzles, casse-têtes, wargames, figurines, jeux de rôle...

POUR QUI TRAVAILLE L'ABEILLE ?

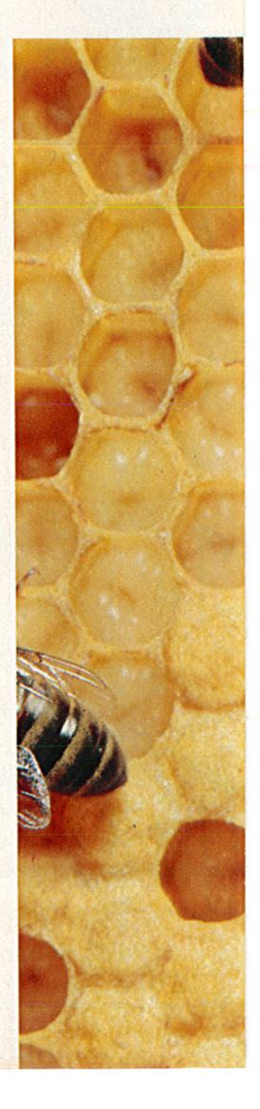
A en croire certains sociobiologistes, les abeilles, travailleuses infatigables et modèles de dévouement altruiste, sont en définitive bien plus égoïstes qu'il n'y paraît. Ainsi, elles nourriraient préférentiellement leurs sœurs, qu'elles reconnaîtraient parmi les dizaines de milliers d'individus que compte une ruche.

PAR ANNE TEYSSÈDRE

Les spécialistes du comportement animal, ou éthologistes, ont longtemps été perplexes devant les comportements altruistes, surtout ceux des ouvrières chez les abeilles. Leur grande question : à quoi leur sert-il de passer leur vie à s'occuper d'œufs qui ne sont pas les leurs — puisqu'elles sont stériles —, de veiller à leur éclosion, puis de nourrir jusqu'à l'âge adulte des larves qui ne sont pas leur progéniture, de travailler pour cela d'arrache-pied à butiner les fleurs pour fabriquer du miel, d'entretenir la ruche, de monter la garde contre d'éventuels intrus, et même de sacrifier leur vie pour la défense de la colonie (une abeille qui pique un intrus meurt presque immédiatement puisqu'elle laisse son dard dans sa victime, ce qui lui arrache une partie des entrailles) ?

Pourquoi tout ce zèle ? Comment expliquer pareille abnégation ? Certes, des comportements altruistes, et même kamikazes, existent chez les animaux, mais ils sont motivés en général par les soins et la défense de leur progéniture, ce qui, en dernier recours, revient à assurer leur propre continuité dans le futur par leurs gènes interposés. Or les abeilles ouvrières n'ont pas de rejetons à elles. Leur comportement altruiste ne leur apporterait-il donc aucun avantage ? Dans ce cas, comment se fait-il que ce comportement se soit maintenu au fil de l'évolution ?

Depuis que Darwin a élaboré sa théorie de la sélection naturelle, on admet en effet que les comportements animaux apportent aux individus qui les pratiquent un avantage en leur permettant de s'adapter à leur environnement. D'ailleurs cette loi de la sélection naturelle n'est pas seulement propre au comportement ; elle s'applique à tous les autres caractères des espèces : morphologiques, comme la longueur du cou des animaux, la forme du bec des oiseaux, etc. ; physiologiques, comme la digestion chez les ruminants, etc. En clair, seuls sont sélectionnés les caractères qui assurent la survie et la reproduction des individus qui les possèdent : au fil des générations les individus qui n'en sont pas dotés finissent par disparaître. Et c'est même la somme des individus adaptés qui constitue une espèce vivante et proliférante, et non l'inverse, comme le pensaient les prédécesseurs de Darwin. Ces derniers croyaient, à tort comme on le sait aujourd'hui, qu'une population animale donnée se transformait petit à petit pour s'adapter à son environnement ; que cette

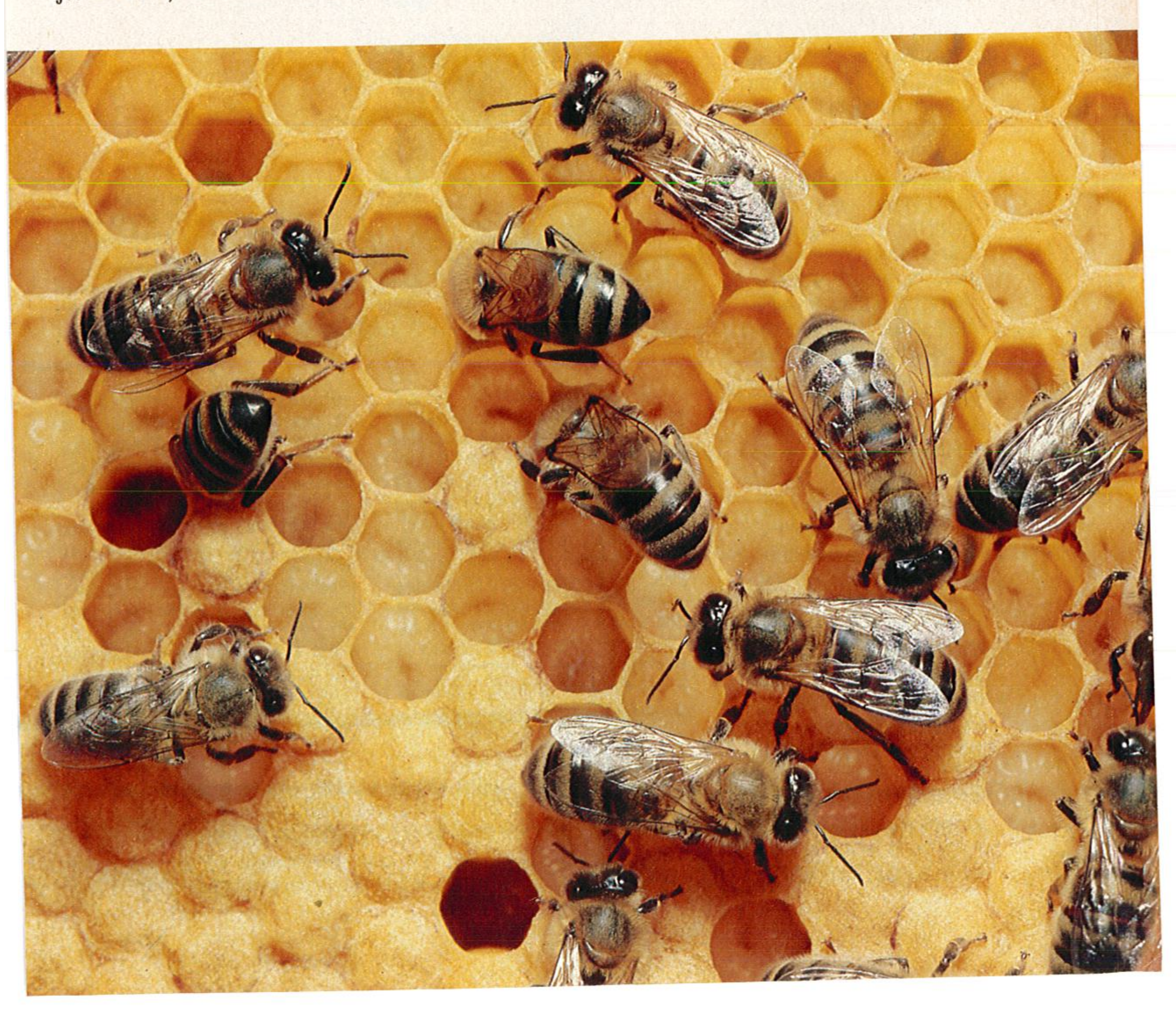


évolution se faisait en quelque sorte "pour le bien de l'espèce". Non, répondent les darwiniens! Prenons le cou des girafes, par exemple. Il ne s'est pas mis à s'allonger "pour" leur permettre de brouter les feuilles des arbres lorsque l'herbe au sol s'est faite rare. La réalité est que les girafes d'aujourd'hui ont le cou long parce que ce sont elles qui ont survécu et proliféré. Celles qui avaient le cou court n'étaient pas adaptées au nouvel environnement; elles ont peu à peu disparu.

D'ailleurs, la nature fourmille d'exemples semblables de caractères morphologiques apportant pareil "avantage adaptatif" aux individus qui en étaient dotés et que la nature a sélectionnés au détriment des individus qui en étaient dépourvus: forme du bec des oiseaux adaptés au type de nourriture; trompe de l'éléphant sans laquelle il serait bien en peine de boire ou de manger, etc., etc.

De la même manière, tout comportement existant aujourd'hui est adaptatif, puisqu'il a permis à l'espèce qui le pratique de survivre jusqu'à nos jours. Certes, la sélection des comportements est moins facile à mettre en évidence. En effet, nous connaissons les caractères morphologiques qu'avaient les ancêtres des animaux actuels par les vestiges qu'on en a trouvés; mais comment connaître leurs comportements d'alors? Cependant, on peut très bien comprendre que le comportement de tambourinage du pic épeiche contre les troncs d'arbre, entre autres exemples, a évolué conjointement à la forme de son bec, de sorte qu'aujourd'hui cet oiseau est passé maître dans l'art d'extraire les insectes logés sous l'écorce. Les comportements migratoires ou l'hibernation ont permis à de nombreuses espèces de survivre à la raréfaction des ressources alimentaires ou rigueurs du climat. On peut multiplier ainsi les exemples (1).

Revenons maintenant à nos abeilles et, avec elles, aux insectes sociaux. Ceux-ci appartiennent à deux ordres zoologiques distincts: les hyménoptères (abeilles, guêpes, fourmis) et les isoptères (les termites). Ensemble, ils comptent "seulement" 18 000 espèces, sur les quelques millions que compte la classe des insectes, dont l'écrasante majorité des



espèces vivent en solitaires ou en groupes non organisés. Malgré leurs grandes différences zoologiques, hyménoptères sociaux et termites organisent des sociétés très semblables, dites eusociétés, qui ont ceci de remarquable : seul un très petit nombre d'individus sexués s'y reproduisent, tandis que la multitude des autres sont stériles et "travaillent", voire meurent, pour la colonie. Bref, un comportement qui semble, nous l'avons vu, difficile à concilier avec la théorie de la sélection naturelle. Et c'est cela qui déroutait les éthologistes. Darwin lui-même, dès les années 1870, s'étonnait de l'existence de ces sociétés, qu'il considérait comme le seul fait biologique en contradiction avec sa théorie.

Mais la réalité est là : si ces espèces existent aujourd'hui, c'est bien que leur comportement est valable en termes d'adapation ([2]). Il a fallu attendre 1964 pour avoir la première hypothèse explicative, dite de sélection de parentèle, proposée par l'éthologiste américain W.D. Hamilton.

Pour Hamilton, la valeur adaptative d'un individu ne peut être réduite à son seul succès de reproduction, mais comprend également l'accroissement du succès de reproduction des individus apparentés qui bénéficient de son aide (on parle alors de valeur sélective totale, qui regroupe la reproduction directe et la "reproduction" indirecte). Selon la théorie de Hamilton, donc, les comportements altruistes sont eux aussi sélectionnés, puisque, en augmentant le succès de reproduction de la mère ou de la sœur, l'individu (l'abeille ouvrière, ou tout autre animal altruiste vivant en société de type familial) augmente indirectement la propagation de ses propres gènes dans les générations suivantes.

Pour que cette propagation ait lieu, on l'aura compris, il faut que le comportement altruiste soit

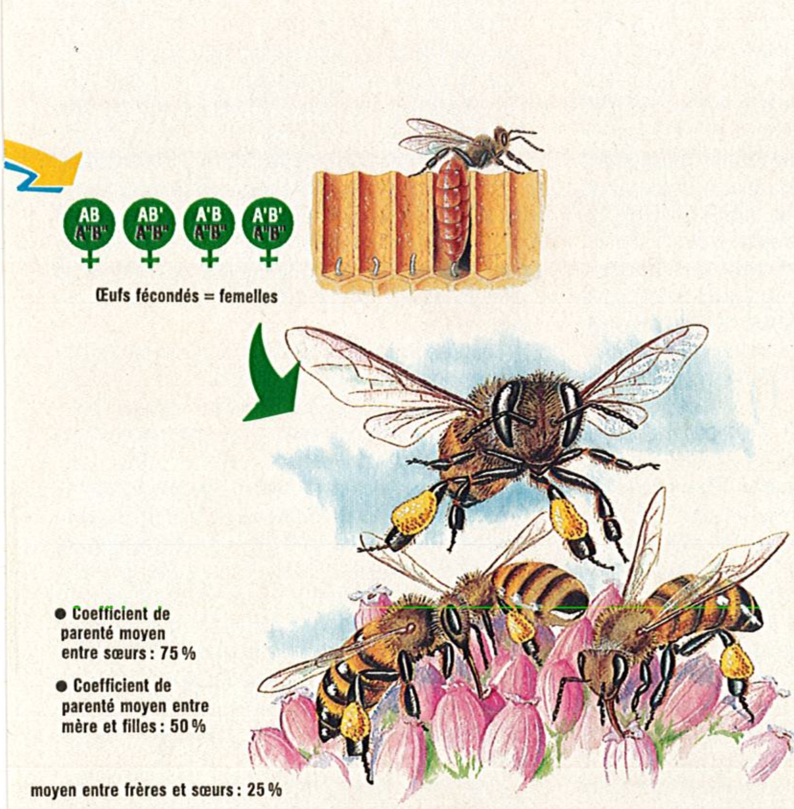
OUVRIÈRE STÉRILE, LA MEILLEURE FAÇON D'AVOIR UNE DESCENDANCE

Reine
Faux bourdon
AA' BB' Cellules A" B"
AB AB' A'B A'B' Gamètes A"B"
AB AB' A'B A'B'
Œufs non fécondés = mâles

● Coefficient de parenté moyen entre frères : 50 %
● Coefficient de parenté entre mère et fils : 50 %
● Coefficient de parenté

L'immense majorité des espèces sexuées sont diploïdes : leurs cellules somatiques (cellules non sexuelles) comportent un nombre pair de chromosomes (soit 2n), dont une paire de chromosomes sexuels (généralement XX chez la femelle, XY chez le mâle). Leurs cellules sexuelles, ou gamètes (spermatozoïdes et ovules), quant à elles, sont haploïdes, c'est-à-dire qu'elles n'en comportent que la moitié (soit n) dont un seul chromosome sexuel (X ou Y chez le mâle ; X chez la femelle). Lors de la fécondation, la fusion de deux gamètes haploïdes donne naissance à un individu diploïde, dont le sexe est déterminé par la combinaison de deux chromosomes sexuels, provenant l'un du père, l'autre de la mère : XX donne une femelle ; XY donne un mâle.

Des mâles qui n'ont ni père ni fils. Chez les abeilles, en revanche (et chez les autres hyménoptères en général), le déterminisme du sexe est différent : les femelles sont diploïdes comme chez les autres animaux, mais les mâles sont haploïdes. Les gamètes sont également haploïdes, et ne comportent pas de chromosomes sexuels.



La fécondation d'un ovule par un spermatozoïde donnera naissance à une femelle, tandis qu'un ovule non fécondé aboutira à un individu mâle. En d'autres termes, les femelles sont obtenues par fécondation et les mâles par parthénogénèse. Fait original, ces derniers n'ont donc jamais ni père ni fils, mais seulement une mère et occasionnellement des filles, lorsqu'ils parviennent à se reproduire. De telles espèces sont dites haplodiploïdes.

L'haplodiploïdie a des conséquences importantes sur la génétique des populations d'hyménoptères. En particulier celle-ci : les spermatozoïdes d'un mâle étant tous génétiquement identiques à lui-même, les coefficients de parenté entre femelles de la même famille sont supérieurs aux coefficients habituels.

Chez les espèces diploïdes, les enfants, mâles comme femelles, reçoivent une moitié de leurs gènes du père et l'autre moitié de la mère. Le coefficient de parenté entre une femelle et l'un quelconque de ses enfants est donc égal à 0,5.

Chez les espèces haplodiploïdes, les femelles héritent d'une moitié des gènes de leur mère et de tous ceux de leur père. Ainsi, les abeilles ouvrières d'un même couple de géniteurs ont pour coefficient de parenté entre elles 0,75. En revanche chaque ouvrière n'a que 25 % de gènes en commun avec l'un quelconque de ses frères ; leur coefficient de parenté n'est donc que de 0,25.

Considérons, comme le montre notre dessin, la transmission entre générations de deux caractères, codés par les gènes A et B, existant sous les formes (allèles) A, A' et A", et B, B' et B" respectivement. Les ovules produits par une reine AA' BB' sont de quatre types : AB, A'B, AB' et A'B'.

Les mâles (les faux bourdons chez les abeilles) sont issus d'œufs non fécondés (lors de l'accouplement, les ovules ne sont pas tous fécondés). Chaque mâle AB est identique (pour les deux caractères considérés) à 100 % aux autres AB ; à 50 % aux AB' et aux A'B ; et entièrement différent des A'B'. En moyenne, le coefficient de parenté entre deux frères est donc de (1 + 0,5 + 0,5 + 0)/4 = 0,5. En d'autres termes ils partagent 50 % de leurs gènes.

Les femelles les ouvrières chez les abeilles) sont issues d'œufs fécondés par les spermatozoïdes d'un mâle, donc tous du même type A"B". Ces femelles sont donc de quatre types : ABA"B", A'BA"B", AB'A"B" et A'B'A"B", dans les mêmes proportions. Chaque femelle ABA"B" est identique (pour ces deux caractères) aux autres femelles ABA"B" ; semblable à 75 % aux femelles AB'A"B" et A'BA"B" ; semblable à 50 % aux A'B'A"B". Le coefficient de parenté entre eux sœurs est ainsi en moyenne (1 + 0,75 + 0,75 + 0,5)/4 = 0,75 (elles partagent 75 % de leurs gènes), alors qu'entre une mère et sa fille il n'est que de 0,5.

C'est là, selon Hamilton, la clé de l'eusocialité : en aidant leur mère à élever leurs innombrables sœurs, les femelles stériles et altruistes, chez les abeilles comme chez toutes les espèces haplodiploïdes, propagent leurs gènes dans la descendance de la colonie bien mieux que si elles avaient été fertiles. C'est ainsi qu'il explique qu'elles aient été avantagées par la sélection naturelle par rapport aux femelles non stériles ("égoïstes").

surtout dirigé vers des individus apparentés, donc dotés des mêmes "gènes altruistes". Et de fait, abeilles, termites et autres insectes sociaux vivent en colonies familiales, puisqu'en règle générale les ouvriers (ères) sont tous fils ou filles de la même reine (abeilles) ou du même couple royal (termites) ; de plus, ces eusociétés sont très fermées, y compris aux individus de la même espèce mais ne faisant pas partie de la colonie. Chez les fourmis, par exemple, tout intrus, même provenant de la fourmilière

voisine, est chassé sans ménagement, voire carrément exécuté.

Toutefois, comme deux individus apparentés ne possèdent jamais le même stock de gènes, à moins d'être des jumeaux vrais, la valeur adaptative d'un individu doit être corrigée par le coefficient de parenté. Prenons un exemple : si l'aide procurée à une femelle par une sœur stérile permet à cette femelle d'élever quatre rejetons en plus des cinq qu'elle aurait élevés sans aide, la valeur sélective de la sœur stérile est égale à 4×0,5 = 2 (le coefficient de parenté entre deux sœurs, ou deux frères, est de 0,5 — *voir dessin p. 74*), bien que son propre succès de reproduction soit nul. Imaginons, maintenant que cette femelle stérile soit capable d'aider trois sœurs de la sorte. Au total, sa valeur sélective est égale à 2x3 = 6. Or, dans notre exemple, une femelle fertile ne peut élever toute seule que 5 rejetons. La théorie de la sélection de parentèle admet ainsi que des individus stériles qui participent à l'élevage des jeunes puissent même avoir une valeur adaptative supérieure à celle d'individus reproducteurs "égoïstes".

Mais cette "performance" n'est pas suffisante pour expliquer l'existence des eusociétés, ou plus exactement pour justifier que la nature ait choisi de favoriser leur existence. Car on pourrait objecter que la valeur sélective de ces femelles stériles pourrait être encore supérieure si elles s'occupaient de leur propre progéniture : ainsi, dans notre exemple, si les femelles stériles ne sont capables d'aider que deux sœurs, elles ne seront pas favorisées par sélection naturelle, puisque leur valeur sélective totale (2x2 = 4) est inférieure à celle des femelles reproductrices (dont nous avons dit qu'elles élèvent 5 rejetons).

Quatre sœurs valent mieux que trois filles

Pas du tout, a répliqué Hamilton, dont la théorie apporte à cette objection une réponse fondée sur le déterminisme du sexe très particulier des hyménoptères, appelé haplodiploïdie (*voir dessin p. 74*), qui fait que deux sœurs sont davantage parentes entre elles qu'une mère ne l'est avec sa fille. Il est alors plus avantageux pour une abeille ou une fourmi, évolutivement parlant, d'aider sa mère à fabriquer des sœurs (apparentées à 75 %), plutôt que de se reproduire elle-même (la parenté entre mère et fille étant de 50 %).

Pour Hamilton, c'est là la clé de l'eusocialité, et c'est ce qui explique que les comportements altruistes et la stérilité des ouvrières aient été sélectionnés à travers des générations successives de reines et de mâles sexués Son hypothèse apporte également une explication au fait que la stérilité et l'altruisme des hyménoptères n'ont évolué que chez les femelles, et non chez les mâles. Ceux-ci sont en effet bien moins apparentés à leurs frères et sœurs qu'à leurs filles (*voir dessin p. 74*).

On remarquera que l'hypothèse de Hamilton ne tient que si la proportion de femelles est supérieure à celle des mâles dans la progéniture. Car si mâles et femelles issus d'un même couple de géniteurs sont en nombre égal, le coefficient moyen entre une ouvrière et sa fratrie tombe à (0,75 + 0,25)/2 = 0,5. Autrement dit, on retrouve une valeur égale au coefficient de parenté entre une mère et ses enfants, et l'atruisme perd complètement son intérêt. Mais la nature semble donner raison à Hamilton : on a pu vérifier, en effet, qu'à l'éclosion du couvain, la proportion de femelles est largement supérieure à celle des mâles dans toutes les espèces étudiées.

D'où vient cette supériorité numérique des femelles ? Du fait que l'œuf donne une femelle lorsqu'il est fécondé, et un mâle lorsqu'il ne l'est pas ; et, pour des raisons qu'on ne connaît pas encore, la reine ne "laisse" qu'une minorité d'œufs non fécondés.

Toute séduisante qu'elle soit, la théorie de Hamilton, on le verra, laisse de nombreuses questions sans réponse. Cela n'a pas empêché certains sociobiologistes, dont O. Wilson — en particulier, dans son livre *L'Humaine nature* publié en 1978 —, d'y voir une panacée, et de tenter d'expliquer par la théorie de la sélection de parentèle toutes les structures sociales existantes et tous les comportements altruistes, y compris ceux de l'homme. De là à transformer la théorie de Hamilton en dogme du "gène népotique", il n'y a qu'un pas que quelques sociobiologistes semblent avoir franchi, faisant ressurgir les thèses du darwinisme social en soutenant que les différences de comportement et d'intelligence chez l'homme sont des caractères héréditaires.

C'est cette version extrême de la théorie de Hamilton qui a déchaîné les passions au sein de la communauté scientifique, à tel point que de nombreux biologistes, qui tombent là dans l'excès inverse, rejettent en bloc l'idée même de sélection de parentèle, qu'ils qualifient de théorie "xénophobe".

Le sujet est devenu extrêmement sensible, et les attitudes des uns et des autres tend souvent à quitter le domaine scientifique. Dans une étude sur le comportement d'aide au nid du pic du chêne américain, par exemple, le brillant éthologiste Stephen Emlen, de l'université Cornell, à Ithaca, dans l'Etat de New York, montre que ce comportement varie d'un individu à l'autre en fonction des conditions du milieu : lorsque la disponibilité en territoire est faible, les jeunes de l'année précédente restent au nid, où ils aident leurs parents à s'occuper de la couvée suivante ; en revanche, lorsque les conditions sont favorables, ils s'installent dans un nouveau territoire pour nicher à leur tour. Ces travaux tout à fait neutres confortent, on le voit, la théorie de la sélection de parentèle : les aînés ont plus de chances de





Chez les fourmis aussi.

Dans cette colonie de laboratoire (1), les ouvrières ont été numérotées pour permettre de suivre leurs diverses affectations au cours de leur vie (quelques semaines) : entretien des galeries ; défense de la colonie ; collecte de la nourriture ; soin au couvain, qu'elles protègent (1 — lorsque l'expérimentateur découvre une partie des galeries, par exemple, elles déménagent les pupes pour les remettre à l'abri) et font éclore (2 — ouvrière assistant un nouveau-né — encore dépourvu de pigmentation — à sortir de sa pupe). Mais, pour les sociobiologistes, ce comportement altruiste est en fait génétiquement égoïste.

propager leurs gènes en assurant la survie de leurs jeunes frères et sœurs qu'en s'exposant à être blessés au cours de batailles pour obtenir un nouveau territoire. Emlen n'en conclut nullement — contrairement aux accusations des adversaires de la sociobiologie — que tout comportement altruiste est biologiquement destiné aux individus apparentés, ni chez les animaux en général, ni chez l'homme en particulier. De même, ce n'est pas parce que l'on constate que les fourmis sont priotairement altruistes envers leurs parents, et agressives envers les individus extérieurs à leur colonie, qu'on les "approuve" ou que l'on justifie moralement leur conduite.

Sur un plan purement scientifique, n'en déplaise à ses détracteurs, la théorie de sélection de parentèle apparaît a priori tout à fait plausible dans le cas des insectes sociaux, puisque les ouvrier(ère)s se caractérisent par leur altruisme familial et leur stérilité. Et les sociobiologistes ne prétendent pas l'étendre à tout le règne animal ; pour cela, il leur faudrait démontrer que les individus stériles, en règle générale, ont un avantage sélectif à "renoncer" à la reproduction au profit de l'élevage de leur fratrie.

En revanche, plusieurs objections sérieuses s'opposent à l'hypothèse plus particulière selon laquelle l'haplodiploïdie serait la clé de l'eusocialité. Les choses sont, en effet, bien moins simples que ne le veut la théorie.

- Ainsi, les termites (et les rats-taupes), animaux altruistes par excellence, sont diploïdes bien qu'eusociaux ; à l'inverse beaucoup d'espèces haplodiploïdes ne sont pas eusociales.
- Ensuite, l'eusocialité est apparue dans un seul sous-ordre, celui des aculéates (hyménoptères pourvus de dard), qui ne constitue qu'une petite fraction de l'ensemble des hyménoptères. Il semble donc qu'un ou plusieurs autres facteurs que l'haplodiploïdie, peut-être communs aux aculéates et aux termites, soient responsables de la fréquence de l'eusocialité dans ce sous-ordre d'insectes.
- Puis il faut relever que le rôle des mâles, individus reproducteurs au même titre que les reines, est quelque peu occulté dans cette théorie évolutive. Or les dizaines de milliers d'ouvrières d'une ruche d'abeilles, par exemple, propagent les gènes de leurs pères autant que ceux de leur mère, et on ne peut exclure a priori l'influence de ces mâles sur l'évolution des eusociétés.
- Enfin, il est notoire qu'à l'exception de quelques espèces, les reines d'hyménoptères s'accouplent avec plusieurs partenaires au cours de l'essaimage. Grâce à des expériences sur l'abeille domestique et d'autres espèces d'hyménoptères sociaux, plusieurs équipes de chercheurs ont récemment montré que les spermatozoïdes des différents mâles sont mélangés dans les voies génitales des reines. Chaque nouvelle "portée" est ainsi composée en grande majorité de demi-sœurs et non de vraies sœurs. Le coefficient de parenté moyen entre les ouvrières d'une colonie est donc d'environ 0,3, et non de 0,75 comme le voudrait la théorie hamiltonienne. En d'autres termes, il est inférieur à la valeur-seuil de 0,5 qui relie une femelle à sa progéniture.

Reconnaître ses vraies sœurs... En conséquence, pour conserver leur avantage sélectif, les ouvrières

(suite du texte page 172)

PASSEZ A L'ACTION !



Le monde de l'automobile met le turbo !

Chaque mois, L'Action Automobile vous fait vivre avec passion toute l'actualité auto. Ouvrez L'Action, et vous êtes propulsé au cœur de l'information : nouveautés, bancs d'essai, matchs comparatifs, projets des constructeurs, grand tourisme...
Et chaque mois dans l'Action, Henri Pescarolo vous confie ses impressions en exclusivité.

Profitez vite de cette offre spéciale.

OFFRE SPÉCIALE AVANT AUGMENTATION !

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner à l'ACTION AUTOMOBILE
1, rue du Colonel Pierre Avia
75503 Paris Cedex 15

OUI *Je m'abonne pour un an à L'ACTION AUTOMOBILE, 11 numéros, au prix spécial avant augmentation :*



Cochez svp **159 F** SEULEMENT AU LIEU DE 198 F*.
*PRIX DE VENTE AU NUMÉRO.



OUI *Je m'abonne pour un an + 4 H.S. à L'ACTION AUTOMOBILE, 11 numéros, au prix spécial avant augmentation :*



Cochez svp **234 F** SEULEMENT AU LIEU DE 300 F*.
*PRIX DE VENTE AU NUMÉRO.

NOM ....
PRÉNOM ....
ADRESSE ....
....

CODE POSTAL ....
VILLE ....

• **Ci-joint mon règlement à l'ordre de L'ACTION-AUTOMOBILE-BRED.**



Offre valable jusqu'au 31.1.91 et réservée à la France Métropolitaine.

ECHOS DE LA RECHERCHE

PHYSIOLOGIE

Comment les champs magnétiques rendraient-ils malade ?

C'est la question qu'on se pose depuis qu'on soupçonne ces champs, qui sont engendrés par les lignes de force électriques, d'avoir des effets sur l'être humain.

Trois chercheurs viennent de proposer le premier modèle d'explication. Pour Valeri Lednev, de l'institut de physique-biologie de Pouschino, en URSS, John Male, du département de recherche et développement du réseau électrique national anglais, et Donald Edmonds, du Clarendon Laboratory à Oxford, un champ magnétique faible oscillant relâcherait dans les tissus vivants les liens entre les atomes de métal et certaines protéines.

Mais ces effets ne se manifestent qu'à certaines fréquences, lesquelles sont elles-mêmes dépendantes d'un champ magnétique secondaire tel que celui de la Terre. C'est un effet déjà enregistré et connu sous le nom de résonance cyclotron.

On a, en effet, relevé que lorsqu'une particule chargée se propulse dans un champ magnétique constant elle accélère à un tel point que sa trajectoire devient circulaire ; mais ce phénomène ne se produit que dans certains rapports entre la force du champ et la masse et la charge de la particule. Si l'on ajoute un second champ magnétique qui oscille à la même fréquence que le premier, la particule va encore plus vite et c'est un phénomène dont on se sert dans les accélérateurs de particules.

En expérimentation biologique, si l'on place des diatomées, petites algues brunes unicellulaires, dans un champ magnétique qui oscille à la même fréquence que l'ion calcium, par exemple, car on sait que tous les atomes vibrent à des fréquences déterminées, les diatomées changent de comportement.

Ce n'est là qu'un début d'explication, car les critiques avaient fait observer qu'un ion calcium qui vibrerait comme on le décrit dans le cas des diatomées quitterait la cellule dans laquelle il se trouve et que, de toute façon, une fois libéré, il serait entouré d'une coquille de molécules d'eau qui ne permettrait plus à la fréquence du champ magnétique de l'affecter. A une réunion de la société américaine de bioélectromagnétique, à San Antonio, au Texas, les trois chercheurs cités plus haut ont précisé le modèle d'explication : ce n'est pas l'ion calcium qui tourne quand on le soumet à un champ magnétique oscillant, c'est son plan de rotation ; celui-ci tourne dans la direction du champ magnétique. Si l'on considère que l'ion calcium, dans les organismes vivants, est lié à une protéine qui s'appelle la calmoduline, cela fait que les liaisons entre l'ion calcium et la calmoduline sont défaites. Or, si c'est vrai, c'est extrêmement important, parce que la calmoduline joue un rôle fondamental dans la régulation métabolique cellulaire. Lednev a rapporté à San Antonio qu'il a pu vérifier une des conséquences de la modification du plan de rotation de l'ion calcium provoqué par un champ magnétique : c'est une modification d'un stade du métabolisme secondaire, la phosphorylation, fixation d'une molécule d'acide phosphorique sur une autre molécule ; or, la phosphorylation est elle-même un stade important de tout le métabolisme musculaire, de l'action des hormones, etc.

Il faut observer en passant que l'ion calcium n'est sans doute pas le seul qui soit affecté par les champs électromagnétiques : qu'en est-il, par exemple, de la ferritine du sang ?

Bref, on dispose là pour la première fois d'une clef pour la compréhension des effets sur l'organisme des champs électromagnétiques. Il faut espérer que ces travaux, qui ne font que défricher une voie de recherches, seront poursuivis avec les moyens qui s'imposent.

L'occasion est bonne pour rappeler la "machine" de Priore, dont nous avons parlé à plusieurs reprises dans ces pages, au cours des ans : c'était une application purement expérimentale de l'action des champs électromagnétiques au traitement de certaines maladies. On ignorait alors quasiment tout des modes d'action physico-chimiques éventuels de ces champs. La "machine" avait été construite au jugé par un ingénieur électricien, qui s'était lui-même référé à des travaux allemands réalisés pendant la guerre. Des biologistes français de renom s'y étaient intéressés, mais comme on ne disposait pas d'un modèle ni de paramètres, il fallait chercher intuitivement les fréquences auxquelles la machine semblait avoir des effets sur des cancers. Des questions de protocole d'expérimentation, puis des incidents secondaires et enfin la mort de Priore mirent fin dans le tumulte aux recherches. La France était alors pionnière dans ce domaine : il nous semble qu'elle pourrait le redevenir.

Il ne s'agit plus, en effet, du seul cancer, mais d'un aspect considérablement plus vaste de la biologie : l'influence des champs électromagnétiques sur l'activité cellulaire des êtres vivants. **G.M.**

ALIMENTATION

Les glutamates sont du poison

La réaction scientifique contre l'adjonction des glutamates dans la nourriture industrielle se renforce : au premier colloque "Médecine et recherche en neurosciences", organisé par la Fondation IPSEN, le Pr John Olney, de l'université Washington de Saint-Louis, s'est inquiété de l'absence de restrictions des autorités d'hygiène alimentaire à cet égard.

Le Dr G. Léonard rapporte, dans *Panorama médical*, que « les doses de glutamate ingérées par l'enfant (sous forme de sel glutamique) sont parfois si élevées qu'administrées oralement à un jeune animal elles entraînent une destruction pure et simple du système nerveux central ! »

Le glutamate est un acide aminé, médiateur du système nerveux central, et il joue un rôle important dans les phénomènes de la mémoire. Quand il se fixe sur les récepteurs des neurones, il ouvre dans ceux-ci un canal par lequel s'engouffrent les ions calcium. Quand il est en excès, il conduit toutefois à la mort du neurone, dont il déséquilibre l'équilibre calcique.

Il existe un glutamate produit par l'organisme ou glutamate endogène, qui suffit normalement à l'équilibre neuronal. C'est un objet de recherche qui attire de plus en plus l'attention, parce qu'on soupçonne qu'un déséquilibre de son absorption et de celle d'un autre acide aminé, la cystéine, jouerait un rôle dans de nombreuses maladies du système nerveux, l'épilepsie, la maladie de Parkinson, la sclérose latérale amyotrophique, la maladie d'Alzheimer, la chorée de Huntington. Ce n'est donc pas une substance inoffensive, mais très active. En ajouter à la nourriture, serait-ce en doses évidemment faibles, est aussi singulier que d'y ajouter de la L-dopa ou des amphétamines.

Le glutamate alimentaire n'a été introduit que pour des raisons gustatives, comme agent de sapidité, parce qu'il donne plus de goût aux aliments. On ne compte actuellement plus les aliments, plats cuisinés, sauces, charcuteries, pâtisseries, qui contiennent des glutamates. Il est donc pratiquement impossible d'estimer la dose consommée journellement, parce que les compositions alimentaires n'en précisent pas les quantités incorporées, et aussi parce que cela concerne de très nombreux aliments.

Nous avons à plusieurs reprises attiré l'attention de nos lecteurs sur le danger du glutamate. Il était déjà reconnu comme responsable du "syndrome du restaurant chinois", qui se manifestent par des céphalées, des troubles visuels, des nausées, vertiges, vomissements et troubles gastro-intestinaux. Mais on alléguait que ce trouble n'était qu'une manifestation d'allergie affectant seulement une minorité de gens. Les propos du Pr Olney indiquent que les effets du glutamate intéressent tout le monde. Il semble nécessaire que les autorités interviennent pour remédier à un conflit évident entre ce que sait la Science et ce que font les industries. Et il serait intéressant, pour commencer, d'étudier expérimentalement les effets du glutamate sur le comportement humain. **G.M.**

Composé méthyle de l'acide héxénoïque, c'est le responsable de la mauvaise odeur de la transpiration. On le connaissait depuis vingt-et-un ans, mais on attribuait, à tort, sa présence à la schizophrénie. Une nouvelle variété de désodorisants à prévoir.

Accumulation dangereuse d'alkylmercure tout au long de la chaîne alimentaire océanique dans le Pacifique équatorial. L'origine exacte du mercure est inconnue, mais on pense qu'il provient des activités humaines. Tout le monde se souvient de la tragédie de la baie de Minamata ; elle pourrait recommencer.

CLIMATOLOGIE

Les secrets du Groenland

L'analyse complète des carottes de glace, actuellement prélevées par des Soviétiques au Groenland, devrait permettre de confirmer ou non qu'à la fin de la dernière période glaciaire, il y eut augmentation des taux de gaz carbonique dans l'atmosphère. Les micro-bulles d'air et les cristaux divers contenus dans cette glace offrent, en effet, des indications précieuses sur les précipitations qui sont tombées durant les 200 000 dernières années ainsi que la composition de l'atmosphère.

Les travaux, qui ont commencé cet été et qui se poursuivront pendant un an (dans des conditions extrêmement difficiles, à plus de 3 000 mètres d'altitude, où l'air est déjà raréfié, et par des froids évidemment polaires), n'ont produit, à l'heure où nous mettons sous presse, que des carottes de 137 mètres environ, c'est-à-dire datant, approximativement, du dernier tiers du XVI[e] siècle.

Ils devaient en arriver, en novembre, à une profondeur équivalente à 5 000 ans, c'est-à-dire avant la construction des Pyramides et donc, dans trois ans, à 200 000 ans.

L'interprétation des carottages en sera complexe, car il faut tenir compte de l'amincissement des couches inférieures de glace, dû au poids des couches supérieures, et aux modifications climatiques générales causées par les variations d'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre.

C'est une fois l'interprétation achevée, vers 1995, qu'on pourra établir avec certitude s'il y eut corrélation entre un accroissement de gaz carbonique et le réchauffement de la Terre.

Encore faudra-t-il établir cette corrélation, qui n'est pour le moment, prouvée, ni dans un sens ni dans l'autre : en effet, on ne peut exclure que, dans le passé, ce ne soit pas le réchauffement qui ait causé l'accroissement de gaz carbonique, en favorisant la prolifération de la végétation terrestre. **G.M.**



ARCHÉOLOGIE

Des chiche-kebabs de la reine Mathilde aux fausses peintures pariétales

De toute évidence, le fragment reproduit ci-dessus de la célèbre broderie connue sous le nom de "Tapisserie de la reine Mathilde" semble bien représenter un cuisinier en train de préparer ces brochettes de viande qu'on appelle "chiche-kebabs" et qui sont originaires de Turquie.

La scène représente Wadard, l'un des domestiques de Guillaume le Conquérant, surveillant les préparatifs d'un festin donné pour le roi à Hastings.

Il n'en a pas fallu davantage pour enflammer l'ire d'un expert en textiles, tapis et broderies, l'Anglais Robert Chenciner, qui s'est lancé, il y a quelques semaines, dans une "démolition" systématique de la célèbre broderie, assurant que c'était un faux et que, d'ailleurs, elle était trop bien conservée pour être du XI[e] siècle. Cette broderie, longue de 55 m, actuellement conservée au musée de la Reine Mathilde, à la bibliothèque de Bayeux, fut sans doute commandée par le demi-frère de Guillaume le Conquérant, duc de Normandie, Odon, évêque de Bayeux. Elle raconte la conquête de l'Angleterre par les Normands, commençant par la visite de Harold en France et s'achevant par la déroute anglaise à Hastings ainsi que la victoire de Guillaume. Exposée dans la nef de la cathédrale Notre-Dame de Bayeux depuis le XV[e] siècle, elle y fut "redécouverte" au XVIII[e] siècle.

Chenciner s'est montré imprudent en contestant ce document, car il ignorait apparemment qu'un document de 1476 (le cartulaire et inventaire du trésor de la cathédrale) fait déjà état de la tapisserie. Ce qui prouve qu'un bon travail de bibliothèque constitue la meilleure base à des révisions qui se veulent déchirantes.

La pratique des chiche-kebabs est évidemment surprenante, mais seulement au premier regard. En effet, l'avancée sarrasine, au VII[e] siècle, implanta en France des pratiques culinaires orientales et des plats tels que le cassoulet au mouton. Quant au bon état de conservation de la broderie, il ne justifie aucunement une mise en doute de son authenticité.

Plus troublante est une communication de l'archéologue Paul Bahn ([1]) sur la datation des peintures pariétales et leur authentification. Bahn rappelle d'abord que la datation par radio-éléments s'effectue à partir d'éléments organiques, noir animal, charbon de bois. Cette datation s'est précisée du fait de l'affinage des analyses de pigments, ce qui a permis de rectifier des datations effectuées sur la base des analyses stylistiques. C'est ainsi que des peintures de Cougnac, qui avaient été datées du Magdalénien primitif se sont vues reporter au Moyen Magdalénien.

Les mêmes techniques d'analyse ont permis de reconstituer l'exécution des fresques. C'est ainsi qu'on a découvert que dans la grande grotte dite "le Salon noir" de Niaux, le tracé général avait été fait au charbon de bois, et qu'on avait ensuite appliqué un pigment à base de manganèse. Ce qui indique que "le Salon noir" revêtait une importance rituelle particulière, puisque l'exécution témoignait de tant de soins.

La microscopie électronique à balayage, la diffraction aux rayons X et l'émission de rayons X induite par bombardement protonique ont permis même de reconstituer avec exactitude les mélanges des artistes d'antan : ceux-ci étaient, par exemple, dans les cavernes de Niaux et du réseau Clastres, à base de talc, de baryte, de feldspath de potassium et de biotite, un mica noir, associés selon des recettes spécifiques. Tous affinements d'analyse qui permettront de faire progresser la datation des peintures pariétales.

Révélation inattendue : une des peintures de Niaux, qui représente des organes sexuels féminins, s'est révélée être un faux moderne. On se demande donc qui eut l'idée, saugrenue, d'"enrichir" les peintures de cette façon-là. **G.M.**

(1) *Nature*, 4 octobre 1990.

SONOCHIMIE

Chauffage aux ultrasons

Prenez un matériau comportant des bulles d'air. Soumettez-le à des ultrasons. Ceux-ci engendrent des pressions soniques positives et négatives alternées (de 16 à 20 000 périodes/seconde). Or, quand on comprime un gaz, il chauffe. Il chauffe même beaucoup, puisqu'il peut atteindre 5 000°C, la température de la surface du Soleil. A chaque vague de pression positive, la bulle tend à augmenter de diamètre, parce qu'elle a gardé une partie de la chaleur amassée sous la pression précédente. A la fin, elle explose et le matériau explose avec.

Le découvreur de la "sonochimie" est un Français à peu près oublié, Pierre Renaud. C'est lui qui, le premier, en 1950, fabriqua aux ultrasons des composés organo-métalliques, à liaison métal-carbone.

La nouveauté n'était pas tant dans le matériau obtenu — puisqu'on connaissait, par exemple, les mystérieuses liaisons éthylène-platine depuis le Danois W.C. Zeise en 1827 (on ne les expliqua qu'en 1935), et les non moins mystérieux organo-magnésiens depuis Victor Grignard, en 1901 (ce qui lui valut d'être candidat au Nobel) —, mais dans son mode de fabrication.

Puis on ne s'intéressa plus que mollement à la sonochimie. Ce furent les propriétés mécaniques des ultrasons qui captivèrent l'attention des chercheurs : de fait, dès 1950, on auscultait des pièces métalliques usinées aux ultrasons et, cinq ans plus tard, on connaissait déjà la soudure aux ultrasons. Malgré tout, ils s'imposèrent en chimie, puisqu'en 1955, on augmentait grâce à eux la vitesse des émulsions photographiques, on vieillissait artificiellement les vins et on homogénéisait le chocolat (et les peintures). Bref, ils étaient parfait pour fabriquer des émulsions.

On ne leur a pas encore trouvé de place, heureusement, en criminologie, car ils tuent : en 1944, les ultrasons émis au banc d'essai par le moteur du Messerschmidt Me 252 tuèrent plusieurs techniciens allemands.

En 1980, la sonochimie redémarra. Jean-Louis Luche, à l'université de Grenoble, trouva que les ultrasons modifient, en les accélérant, de nombreuses réactions du lithium, et, depuis lors on explore à nouveau leurs effets chimiques. C'est ainsi qu'à l'université de l'Illinois à Urbana-Champaign, on a trouvé que la poudre de nickel, préalablement traitée aux ultrasons, est un million de fois plus active comme catalyseur que lorsqu'elle ne l'est pas.

L'explication en est simple : les ultrasons détruisent la couche d'oxyde superficielle qui enrobe les molécules, laissant donc le nickel à nu et le rendant alors plus performant. **G.M.**

ÉPISTÉMOLOGIE

Déplacement de vertèbres ou déplacement d'explication ?

Des travaux en France et aux Etats-Unis attribuent les maux de dos, dits lombalgies, à des facteurs psychologiques et sociaux (1). On trouve, en effet, chez un certain nombre de lombalgiques, de l'hystérie, de la dépression, des troubles de personnalité et des frustrations sociales. On ne mettra pas en doute cette corrélation. Elle ne constitue cependant pas une explication, mais plutôt un déplacement d'explication. En effet, ce qui serait intéressant, c'est de trouver pourquoi ces troubles siègent dans le dos. Quelles sont, dans le dos, les structures organiques qui accusent les troubles psychologiques ? **G.M.**

(1) *La Presse médicale*, 13 octobre 1990.

PHYSIOLOGIE

Quelques vérités sur les muscles

Deux découvertes récentes éclairent un peu mieux les connaissances sur la physiologie du muscle. Tout d'abord, et contrairement à ce qu'on croit encore dans certains milieux sportifs, l'échauffement musculaire préliminaire à l'exercice ne protège pas des claquages. Les fibres du type 2A, qui sont en jeu dans les grands efforts et qui ne bénéficient aucunement de l'oxygène apporté par la circulation sanguine — puisqu'elles transforment directement le glucose en énergie —, sont aussi les plus fragiles. Elles claquent quand l'effort est excessif, qu'il y ait ou n'y ait pas eu d'échauffement, comme l'indiquent plusieurs travaux récents de physiologistes américains.

Ensuite, et toujours contrairement à ce qu'on croit, on peut entretenir sa forme musculaire jusqu'à l'âge le plus avancé, comme en témoignent également des travaux de l'université Tufts, à Boston, sur des sujets de 90 ans et plus. Les poids et haltères augmentent la masse musculaire de 8 à 20 % selon l'intensité des exercices et le sujet, et la masse musculaire des jambes augmente de 10 à 15 %, mais surtout, l'équilibre est amélioré de quelque 48 %, ce qui est le gain le plus appréciable pour les gens âgés, qui souffrent le plus souvent de l'instabilité des membres inférieurs, laquelle est souvent cause de chutes graves.

Seule condition, c'est que ces exercices doivent être poursuivis régulièrement et faire partie du mode de vie, sans quoi et les muscles et les bénéfices enregistrés précédemment recommencent à décroître. **G.M.**

Premier "eurodiplôme" à l'essai : le projet en a été débattu lors d'une réunion d'universités et collèges des Douze, le 16 octobre dernier, à Bruxelles. Ce projet permettrait, par exemple, à un Français d'étudier en Allemagne et d'obtenir un diplôme polyvalent, reconnu en France aussi bien qu'en Grande-Bretagne ou en Grèce.

Bactéries et moisissures productrices d'or ? C'est la théorie de microbiologistes de l'université de Moscou, selon lesquels les gisements d'or ne peuvent s'être produits de façon strictement minérale, sauf à imaginer des fleuves d'acide muriatique pour diluer et précipiter le métal. Or, on a trouvé, en effet, dans les corps de bactéries et de micro-champignons des particules infimes d'or (0,002 mm de diamètre).

Robert Gallo de nouveau sur la sellette : les instituts nationaux de la santé américains ont entrepris une enquête sur la manière dont il a effectué avec le Dr Mikulas Popovitch ses cultures du virus HIV. La manière qu'il décrit pourrait, en effet, avoir favorisé une contamination de ses propres cultures par les échantillons que lui avait adressés le Pr Luc Montagnier, de l'Institut Pasteur.

Pas de foie de veau pour les femmes enceintes : émotion en Angleterre après un avertissement des autorités médicales du gouvernement sur les dangers d'un excès de vitamine A dans le régime des femmes enceintes. A un certain seuil, cette vitamine peut être toxique pour le fœtus et entraîner des malformations. Le département de la Santé britannique a également rappelé les dangers d'une supplémentation vitaminique pour les femmes enceintes. Il faut, pour comprendre entièrement cet avertissement, savoir que l'alimentation du bétail est elle-même enrichie en vitamine A, qui s'accumule dans le foie des animaux.

Contre les effets secondaires des traitements anticancéreux : l'ondansetron. Mis à l'essai sur 200 enfants leucémiques et 300 femmes souffrant de cancer du sein, ce produit nouveau a supprimé les vomissements dans 97 % des cas où les malades n'étaient soumis qu'à une seule drogue anticancéreuse pendant un temps court, et est resté efficace dans 65 à 80 % des cas où des cocktails chimiques étaient administrés au long cours. De plus, il n'induit pas de somnolence. Etudes prochaines en France.

Le transistor le plus sensible du monde est né au MIT : il émet de l'électricité ou se déconnecte quand on lui ajoute ou lui retranche un seul électron !

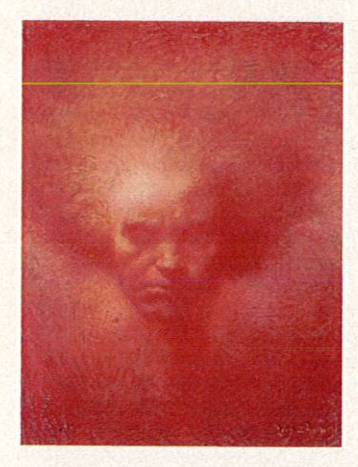
MÉDECINE & HISTOIRE

Dossiers médicaux de Mozart et de Beethoven

On ne devrait plus raconter que Mozart a été empoisonné, et encore moins qu'il l'a été par un autre compositeur, Salieri, qui aurait été jaloux de lui : le Dr Stephen Jordan, du département de cardiologie du Bristol Royal Infirmary, a repris la biographie du compositeur et conclut qu'il est mort d'une endocardite infectieuse.

Mozart avait, en effet, souffert de trois attaques de rhumatisme articulaire dans sa jeunesse ; à vingt ans, il savait qu'il avait le cœur malade. Il manquait de souffle, ce qui s'explique par la destruction progressive des valves cardiaques. Trois mois avant sa mort, il souffrit d'hématurie, ce qui se produit quand l'infection s'étend dans l'organisme et notamment aux reins (ce fut aussi ce qui inspira la légende de son empoisonnement





au mercure, ce métal causant également des dommages rénaux). Le soir où il dirigea *la Flûte enchantée*, on remarqua sa pâleur et sa faiblesse anormales. Ses jambes enflèrent, autre symptôme d'atteintes rénales, et il respirait si mal qu'il ne pouvait dormir.

La veille de sa mort, il souffrait d'une attaque, que Jordan attribue à l'extension de l'infection au cerveau. Seuls les antibiotiques auraient pu le guérir.

Il faut également cesser de raconter que Beethoven devint sourd parce qu'il souffrait de syphilis. Le Dr Tom Palferman, rhumatologue du Yeovil Hospital, dans le Somerset, a également repris le dossier médical du compositeur. Rien n'indique cette maladie.

En revanche, tout indique une sarcoïdose ou maladie de Besnier-Boeck-Schaumann, que certains auteurs définissent comme une forme atypique de la tuberculose. Dans certains cas, c'est l'audition qui est atteinte et, en dernier lieu, le foie. Or, la mère de Beethoven mourut justement de tuberculose, et cela peut expliquer aussi les douleurs de poitrine et les infections pulmonaires dont souffrit le compositeur. De plus, il mourut d'une insuffisance hépatique grave. Il faut dire que l'alcoolisme, induit par le désespoir que lui causait la surdité, aggrava sans doute l'évolution de la sarcoïdose et acheva de délabrer son foie. Les antibiotiques auraient pu le sauver lui aussi, et les corticoïdes, protéger son audition et nous valoir cette dixième symphonie qu'il ne put achever.

G.M.

PHYSIOLOGIE

Pour vous stimuler, le citron, pour vous calmer, la camomille

Mais quelle est donc la réaction neurologique aux parfums ? Car il y en a bien une et elle est considérablement plus complexe que les simples plaisirs et déplaisirs que peuvent procurer des odeurs.

Témoin le fait suivant : il y a quelque quinze ans, un chercheur britannique, Tom Clark, alors au Guy's Hospital Medical School, à Londres, et son équipe firent une expérience qui consistait à vaporiser d'un stéroïde odorant, le 5 – alpha-androsténone, produit par les humains, mais par les hommes beaucoup plus que par les femmes, certains des sièges non réservés d'un théâtre. C'étaient des sièges sur lesquels n'importe qui pouvait s'asseoir. Or, tous ces sièges furent occupés spontanément par des femmes, qui n'étaient évidemment pas au courant de l'expérience. Les sièges non vaporisés restèrent vides.

Cela signifie que ces sièges exercèrent une attraction sur ces femmes, à leur insu. Un autre phénomène fut relevé par les chercheurs britanniques : c'est que les cycles menstruels des femmes qui travaillaient dans le théâtre, qui avaient jusque-là été synchronisés, se trouvèrent déréglés.

Autre effet des odeurs : à peu près à la même époque, Michael Kirk-Smith, David Booth et des collègues de l'université de Birmingham diffusèrent un autre stéroïde, le 3-alpha-androsténone, autour d'un groupe de sujets, hommes et femmes. Un groupe témoin, lui, n'avait pas été soumis à ce traitement. Puis ils soumirent à ces deux groupes des photos de femmes. Curieusement, parmi ceux qui avaient respiré le stéroïde, on compta beaucoup plus de gens qui trouvèrent jolies les femmes en photos.

On a donc de bonnes raisons de penser que les odeurs, qui sont des molécules de substances qui parviennent sur les muqueuses nasales et qui pénètrent donc directement dans l'organisme, ont une action profonde sur le système nerveux et sur le comportement. Ces molécules agissent comme celles de psychotropes, comme l'alcool, le café, les barbituriques, le cannabis, etc.

Bien évidemment, on s'est dit depuis longtemps que ce serait intéressant d'étudier leur action. Il y a bien trente ans que le Pr Yves Paris, de la faculté de pharmacie de Paris, nous signala les difficultés de telles études : il est extrêmement difficile d'obtenir des molécules odorantes pures. L'extrait le plus raffiné peut ne contenir qu'une part sur cent d'impureté, et c'est pourtant l'impureté qui dominera.

En attendant, on peut étudier l'influence d'une odeur, telle que nous la connaissons, raisonnablement purifiée, sur une personne. On peut aussi la mesurer en analysant les électroencéphalogrammes de personnes qui la hument.

En effet, les fréquences des ondes cérébrales, par leur tracé, donnent des informations sur l'humeur des sujets. Les ondes rapides, celle de l'activité cérébrale intense du stress, sont anguleuses et plus ou moins rapprochées, celles de la détente sont plus amples. Le Pr Shizuo Torii, de l'université de Tokyo, a tenté l'expérience.

Les résultats, publiés dans la revue de la firme Hitachi Ltd, indiquent que la rose, qu'on croyait sédative, est excitante, le citron et la menthe sont stimulants, alors que la noix de muscade et la lavande sont relaxants. On peut obtenir d'autres effets en associant des parfums; ainsi, l'association de romarin et de citron favorise la concentration intellectuelle, celle de camomille et de lavande est relaxante.

Ces recherches ne sont hélas pas désintéressées : elles visent à améliorer le rendement humain dans les entreprises où l'on se propose de diffuser tel ou tel parfum par les conduits des systèmes de conditionnement d'air.

On trouve déjà dans le commerce, au Japon, des réveil-matin qui diffusent juste avant l'heure dite des parfums de pin et d'eucalyptus aux vertus euphorisantes, et les cabines téléphoniques du quartier célèbre de Ginza, à Tokyo, sont équipées de vaporisateurs de parfums ! Certains clubs de santé proposent même à leurs clients des cocktails de parfums destinés à les remettre en forme... **G.M.**

ENVIRONNEMENT

Un département qui se veut humide

Remembrement, pistes forestières superflues, assèchement de zones humides sont quelques exemples des initiatives que l'administration subventionne avec entrain, si l'on peut dire. Hélas, ce ne sont pas les plus favorables à l'environnement, il s'en faut. Une exception qui mérite d'être signalée : le conseil général de l'Isère a, sur proposition de son conseiller pour l'environnement, J.F. Noblet, décidé qu'on n'accorderait plus un centime au drainage des marais.

Ceux qui vont être contents, ce sont, entre autres, les oiseaux des marais, justement, qui commençaient à souffrir beaucoup de la sécheresse... administrative.

Il faut dire que Noblet a trouvé en l'occurrence des interlocuteurs avertis, parmi lesquels Haroun Tazieff et Alain Carignon, tous deux anciens ministres de l'environnement. **M.G.**

Du verre à mémoire : on connaissait déjà le métal à mémoire, qui reprend sa forme originelle après avoir été tordu (nitinol), voici le premier verre à mémoire, créé à Berkeley par M.B. Kruger et R. Jeanloz. Nom provisoire : AlPO4-berlinite.

BIOLOGIE MARINE

Faudra-t-il soigner le plancton ?

Le plancton aussi a ses infections à virus, et pour cause : on trouve naturellement dans l'eau de 10^6 à 10^9 particules virales par millilitre, ce qui est énorme. Il n'y a pas longtemps qu'on s'intéresse aux effets de cette masse de virus sur les organismes marins, et notamment le plancton.

Trois chercheurs américains [1] viennent de démontrer que des virus pathogènes parmi les milliards qui infestent donc l'eau de mer (il y en a sans doute qui ne sont pas nocifs) infectent des microorganismes tels que les diatomées, les cryptophytes, les prasinophytes, les cyanobactéries chroococcoïdes et qu'ils peuvent en réduire la production de 78 % au maximum.

La question est extrêmement importante pour toute l'humanité quand on sait le rôle que jouent les microorganismes dans la régulation gazeuse de l'atmosphère, surtout par la fixation du carbone, et partant, dans le climat, sans parler bien sûr de leur apport alimentaire pour toutes les espèces marines non piscivores.

Il n'est évidemment pas question d'aller soigner le plancton avec des produits antiviraux, qui restent d'ailleurs à trouver, en tout cas à cette échelle-là. Il faut commencer par établir quel est exactement le rôle de ces virus, qui ne sont certes pas apparus d'hier, et qui n'ont pas empêché les microorganismes marins d'exister jusqu'ici. De toute évidence, un des aspects de leur action est la régulation des populations de plancton selon des paramètres encore à établir, climat, salinité de l'eau, éclairement, prédateurs, etc. Ce qui expliquerait que, dans des eaux côtières d'estuaires et des eaux côtières claires, leur concentration soit moitié de ce qu'elle est dans des eaux hypersalines, et d'un tiers inférieure à celle des eaux oligotrophes. **G.M.**

(1) C. A. Suttle, A. M. Chan et M. T. Cottrell, *Nature*, 4 octobre 1990.

ÉNERGIE

Encore un milliard de dollars pour la fusion nucléaire

A courte distance de l'université Princeton, dans le New Jersey, des atomistes se proposent de construire la première centrale à fusion. Elle commencerait à fonctionner en 1998.

Son coût est de 1 milliard de dollars, à peu près autant que ce que le gouvernement fédéral a dépensé dans la recherche de la fusion depuis 1970. Le plasma chaud entretenu dans le cœur de la centrale (à quelque 100 millions de degrés celsius) entretiendrait des turbines.

Rob J. Goldston, qui dirige le projet, estime que l'investissement sera dérisoire quand le prix du baril de pétrole aura atteint 100 dollars.

On est, à Princeton, assez optimiste depuis que, il y a quelques semaines, on a pu élever la température du plasma à 400 millions de degrés C et, grâce à une réaction de fusion d'une fraction de seconde, obtenu quelque 50 kW de puissance.

Ce sont toutefois, en l'état actuel des choses, les kilowatts les plus chers de l'histoire de l'énergie : ils coûtent 25 000 dollars, soit quelque 125 000 F le watt ! Et encore n'a-t-on atteint le point critique, celui où la fusion se produit, qu'en utilisant du deutérium ou eau lourde, laquelle ne coule pas du robinet. Ce sont à peu près les mêmes résultats qu'ont obtenus les physiciens du *Joint European Torus* ou JET, projet pilote européen, parallèle à celui de Princeton, en Grande-Bretagne.

Cette perspective laisse de nombreux experts en énergie assez sceptiques. D'abord, parce qu'en plus de cette centrale, il faudra construire d'autres équipements, qui coûteront, eux, d'autres milliards de dollars. Certes, le projet de réacteur thermonucléaire expérimental est subventionné à la fois par les Etats-Unis, l'URSS, la CEE et le Japon, mais, observent les critiques, avec cet argent-là, on pourrait étudier et développer des sources d'énergie alternative (solaire, par exemple) beaucoup plus sûres et moins polluantes. Car, contrairement à ce qu'on croit parfois, l'énergie thermonucléaire produit quand même des déchets radioactifs. **G.M.**

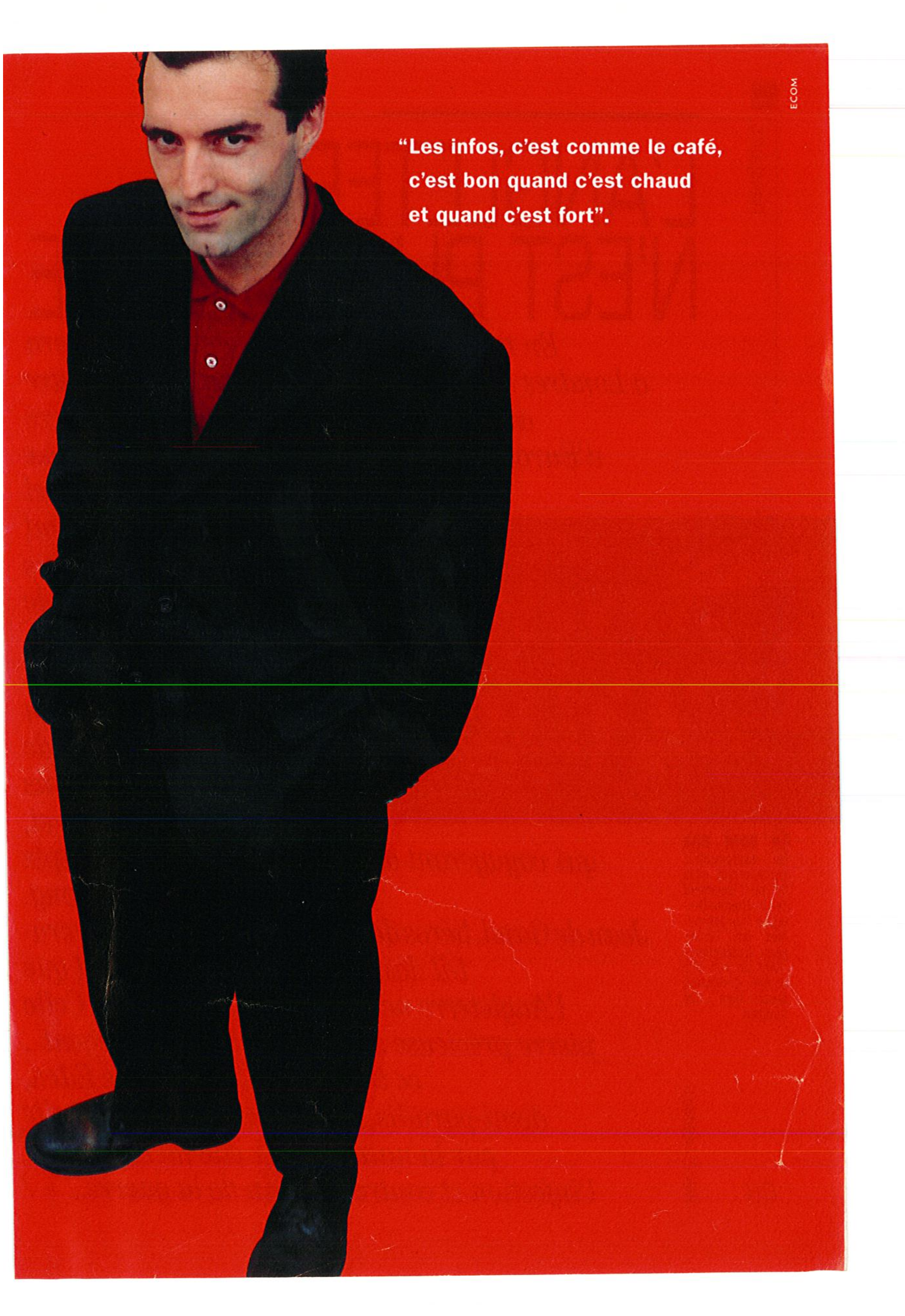
DIÉTÉTIQUE

Café (dernière, peut-être) : aucun danger !

Non, le café n'augmente pas les risques de maladie cardio-vasculaire ! Non, la consommation de café n'est pas un problème majeur de santé publique ! Telles sont, en gros, les conclusions d'une étude, l'énième du type, publiée par le *New England Journal of Medicine* (11 octobre 1990).

Menée sur 45 000 hommes, pas moins, cette étude ne fait qu'une réserve sur le café décaféiné, qui semblerait augmenter, mais très légèrement, le risque de maladie cardio-vasculaire. Ce dernier risque, apparemment incompréhensible, pourrait s'expliquer ainsi : ce sont les gens qui souffrent déjà de problèmes cardio-vasculaires qui consomment de préférence du café décaféiné. Bien évidemment, d'autres chercheurs se sont empressés de dire que ce ne pouvait pas être là le dernier mot de l'affaire. On s'en doutait un peu. **G.M.**

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Marc Giraud et Gerald Messadié.


"Les infos, c'est comme le café,
c'est bon quand c'est chaud
et quand c'est fort".
ECOM

Transports

L'ANGLETERRE N'EST PLUS UNE ÎLE

En trois heures, un Parisien se retrouvera à Londres sans avoir pris le bateau. Après quatre ans d'un travail auquel les actionnaires d'Eurotunnel avaient cessé de croire, les deux équipes, la française et l'anglaise, se retrouvent victorieusement à plus de 100 m sous le niveau de la mer (et à 40 m environ sous le niveau du sol marin). Dès 1993, on attend 30 millions de passagers et 15 millions de tonnes de fret, qui voyageront à 160 km/h le long de ce triple boyau de 50 km de long. Jean de Gand, héros de Shakespeare, se retournera-t-il dans sa tombe en déplorant que l'Angleterre ne soit plus, désormais, « Cette pierre précieuse sertie dans la mer d'argent... ce trône royal... Cet autre Eden, demi-paradis,... cette forteresse construite par la nature, pour elle-même, contre l'infection et contre la main de la guerre... » ?



Ce sont eux les responsables, sur le terrain, de la fin de l'isolement de la Grande-Bretagne : les personnels des tunneliers, britanniques (dont on voit une équipe ci-dessus) aussi bien que français.

PAR P. DONNAES

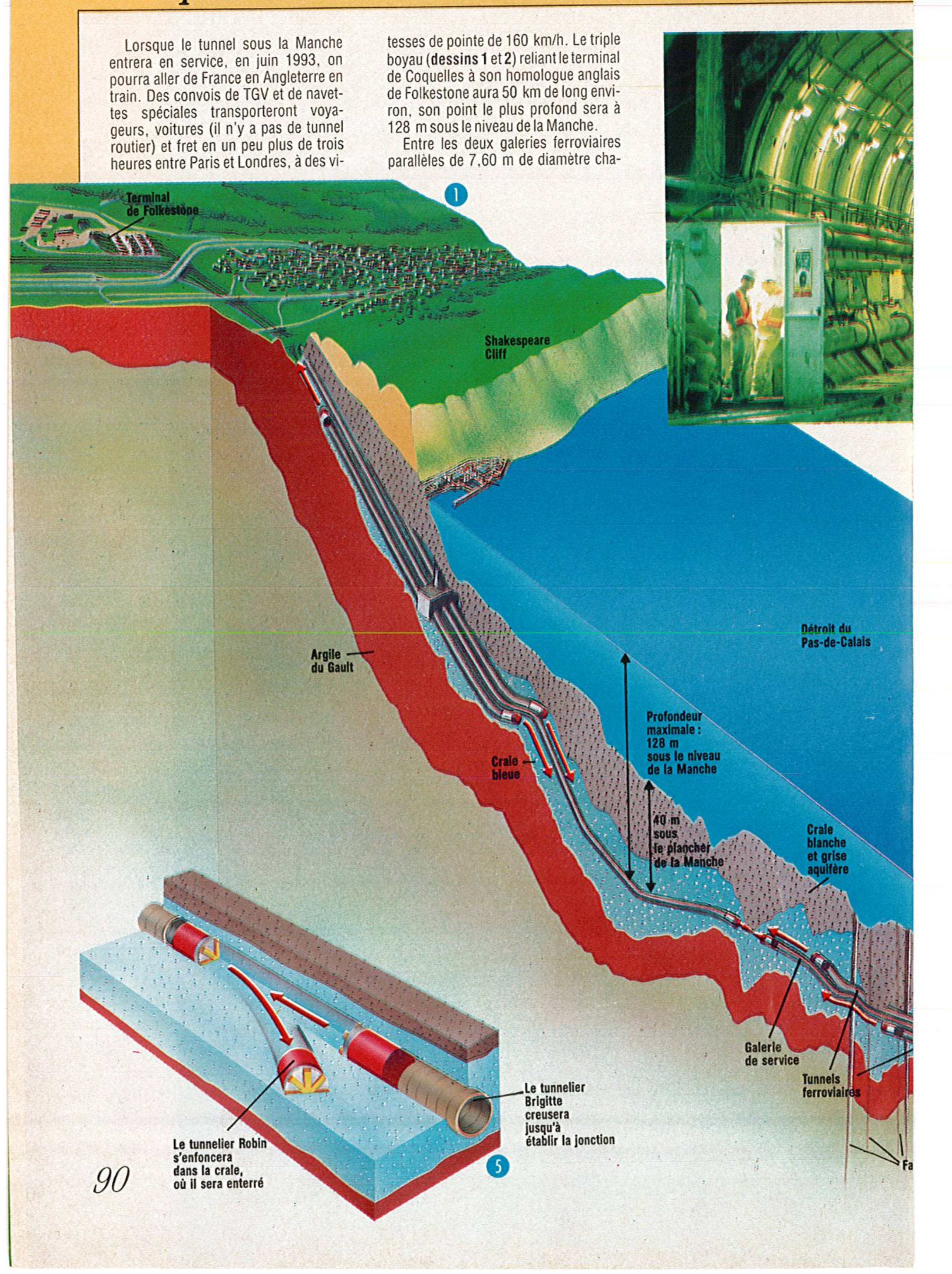


Coquelles, terminal du tunnel côté français. C'est là qu'embarqueront les passagers à destination de l'Angleterre (dont on aperçoit la côte). L'accès se fera, entre autres, par l'autoroute A1.

De Coquelles à Folkestone en TGV trans-Manche

Lorsque le tunnel sous la Manche entrera en service, en juin 1993, on pourra aller de France en Angleterre en train. Des convois de TGV et de navettes spéciales transporteront voyageurs, voitures (il n'y a pas de tunnel routier) et fret en un peu plus de trois heures entre Paris et Londres, à des vitesses de pointe de 160 km/h. Le triple boyau (**dessins 1** et **2**) reliant le terminal de Coquelles à son homologue anglais de Folkestone aura 50 km de long environ, son point le plus profond sera à 128 m sous le niveau de la Manche.

Entre les deux galeries ferroviaires parallèles de 7,60 m de diamètre cha-





cune (**3**), court un boyau de dimensions moindres (4,80 m de diamètre). Relié à ses deux grandes sœurs tous les 375 m, ce troisième tunnel (**4**) sera en fait une véritable route intérieure par laquelle passeront tous les services d'entretien et de dépannage. Il abritera également le système de ventilation de tout le réseau. Enfin, en cas d'accident ou d'incendie graves, passagers et personnels pourront y être évacués et y trouver refuge en attendant l'arrivée des secours.

Deux dérivations, l'une à 17 km des côtes françaises, l'autre à 8 km des côtés anglaises, permettront aux rames de passer en cas de besoin (panne, accident, etc.) d'une galerie ferroviaire à l'autre.

Les travaux de creusement ont démarré en 1987. A partir de Shakespeare Cliff, côté anglais. Côté français, le départ s'est fait de Sangatte (à 10 km de Calais), où on a d'abord foré un énorme puits de 57 m de diamètre et 65 m de profondeur. A partir de ce point stratégique du chantier, trois tunneliers français ont commencé à creuser les trois galeries (les deux ferroviaires et la galerie d'entretien) sous la Manche, pendant que deux autres ont foré le triple tronçon allant de Sangatte au portail de Beussingue, qui débouche dans le terminal de Coquelles. De ces deux derniers tunneliers, l'un a foré le boyau de service, pendant que l'autre a creusé la galerie ferroviaire Sangatte-Beussingue à l'aller puis a fait demi-tour pour faire Beussingue-Sangatte au retour.

Au total, Français et Anglais ont creusé avec onze tunneliers (voir détails p. 92) simultanément en période de pointe. Les machines françaises étaient spécialement conçues pour devenir de véritables sous-marins, car la craie bleue du sous-sol de la Manche est caractérisée, côté français, par la présence de nombreuses failles, engendrant des infiltrations plus ou moins importantes.

Le puits de Sangatte abrite, par ailleurs, l'usine de pompage des boues issues du creusement vers le bassin de stockage et de décantation de Fond-Pignon.

Fin décembre, aux derniers mètres avant la jonction des deux moitiés du boyau central, Robin, le tunnelier britannique, s'écartera complètement de l'axe en s'enfonçant dans la craie (**5**) pour laisser à Brigitte, son homoloque française, la voie libre et l'honneur de finir le travail. Jusqu'à cet instant, l'Angleterre sera encore une île ; après, elle deviendra "presqu'île" de l'Europe.

11 taupes pour 150 kilomètres de galeries

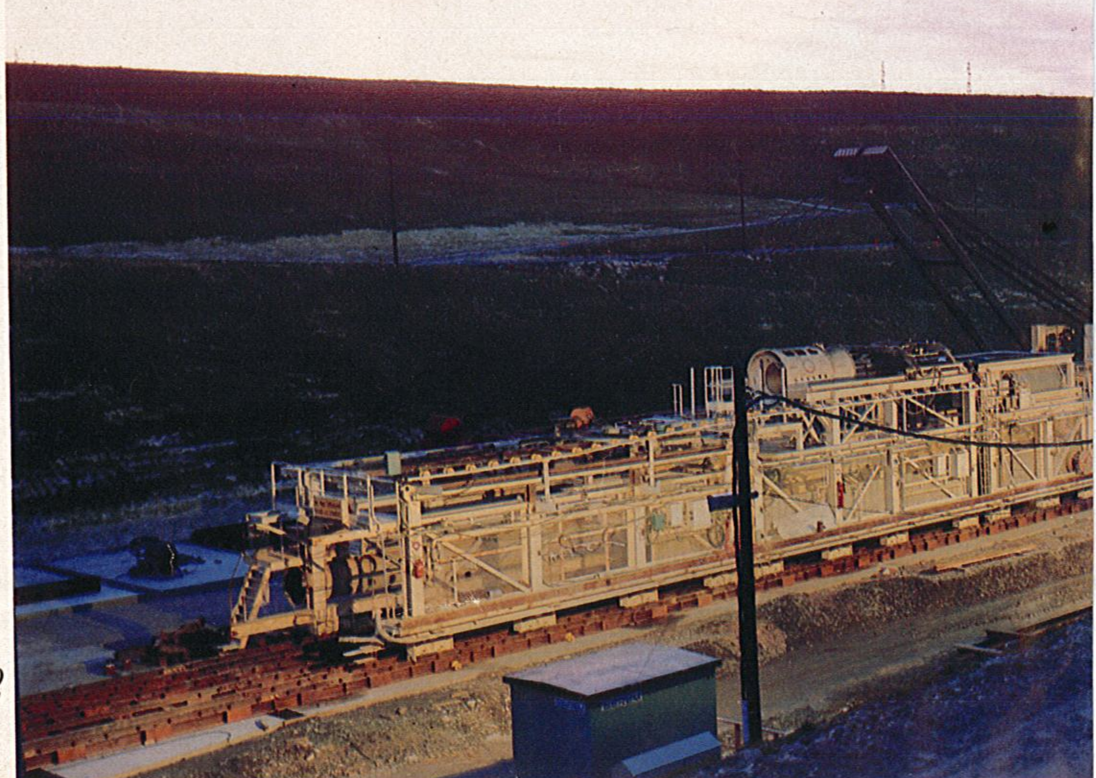


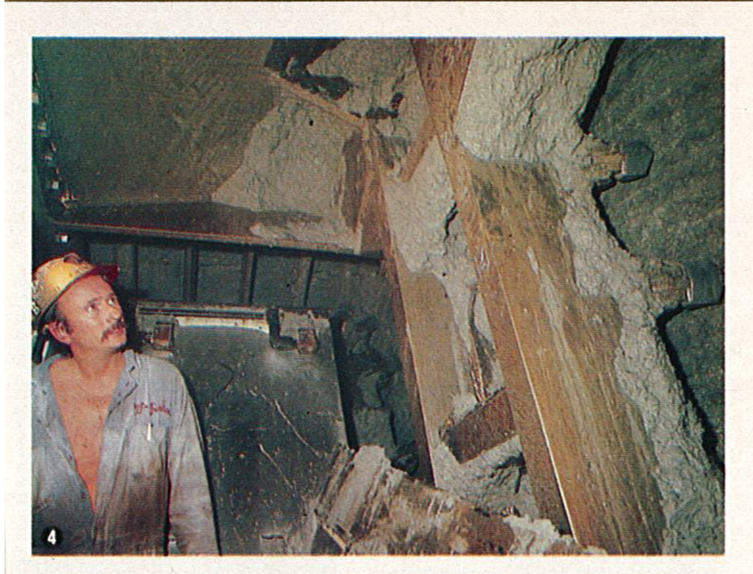
Brigitte, Séverine, Catherine, Virginie et les autres... Sous ces prénoms féminins charmeurs, se cachent les monstres souterrains qui creusent les galeries du tunnel au rythme de 500 m par mois chacun.

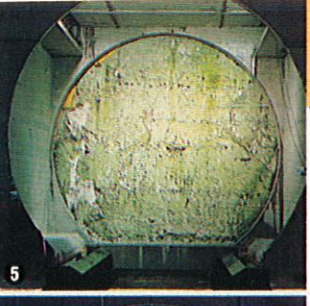
Des chenilles souterraines de 2 500 tonnes. Chaque tunnelier, dont le poids moyen oscille entre 1 000 et 2 500 t, est une sorte de chenille tellurique, dotée d'un organe de coupe cylindrique de 12 m de longueur et d'un diamètre de 8,80 m pour les machines creusant les deux tunnels ferroviaires, c'est-à-dire aussi haut qu'un immeuble de trois étages. L'engin se prolonge par une excroissance oblongue de 250 m environ (**1**), sa jupe, au sein de laquelle sont regroupées toutes les fonctions vitales pour la mécanique et la logistique du chantier : évacuation des déblais, acheminement des voussoirs, systèmes de graissage, de ventilation et d'alimentation électrique.

Chacun des trois tunneliers encore à l'ouvrage côté français est en fait un mutant hybride capable de se transformer instantanément et à volonté en un véritable sous-marin "encaissant" une pression d'eau de 11 kg/cm², soit 6 000 tonnes de poussée hydraulique. En effet, contrairement à leurs homologues britanniques qui travaillent en permanence dans une craie bleue, homogène et imperméable, les appareils français progressent dans un sous-sol hétérogène caractérisé par la présence de nombreuses zones fracturées. Conséquence : au passage d'une faille géologique, ou lors de la moindre rencontre avec une région aquifère, la tête rotative de l'engin devient totalement hermétique, créant ainsi un écran parfaitement étanche entre le front de taille et la galerie forée. La coupe avance moins vite, mais, à l'arrière, matériel et personnel sont en sécurité.

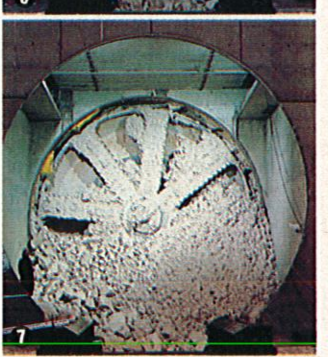
Demi-tour vers Sangatte. Après avoir terminé le premier tronçon ferroviaire Sangatte-Coquelles (voir grand dessin p. 90), le 18 décembre 1989, Pascaline (**2**) a fait volte-face pour repartir vers Sangatte en creusant une galerie identique dans l'autre sens. Aucune grue n'étant capable de déplacer, en une seule charge, les 800 t de la tête du tunnelier, et pour éviter de démonter l'engin, on a eu recours à une rotation sur coussin d'air. Bilan de l'opération : un demi-tour sur 32 coussins d'air gonflés à 3,5 bars par l'intermédiaire de 6 compresseurs débitant ensemble 140 000 litres/minute. La délicate manœuvre s'est déroulée en douceur (**3**) sur une dalle de béton recouverte d'une couche de peinture à base de résine époxy destinée à assurer une étanchéité parfaite, faute de quoi, il aurait fallu un matelas d'air et une puissance de compression











beaucoup plus importants (comme pour les hydroglisseurs Hovercraft, par exemple).

Organes clés et baromètres de sécurité du "chantier du siècle", les tunneliers fonctionnent, sauf incident, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Après avoir accédé à la tête de coupe par un sas, l'opérateur ausculte ici (**4**) l'état d'usure des molettes du bouclier rotatif.

Virginie devant les caméras. Le 27 avril 1989, le tunnelier T4 — Virginie pour les intimes ! — effectuait une sortie triomphale au portail de Beussingue, en révélant aux spectateurs sa mâchoire hérissée de dents en carbure de tungstène (**5**, **6** et **7**). Ce premier événement médiatisé, intervenant après plus de 10 mois de reptation souterraine, ne constituait en fait que l'achèvement des 3,2 km de tunnel de service reliant le puits de Sangatte au terminal de Coquelles.

720 000 voussoirs sous la Manche

Le revêtement des 150 kilomètres de galeries du tunnel sous la Manche réclamera 120 000 vertèbres en forme d'anneaux, de 32 à 40 cm d'épaisseur composées chacune de 6 voussoirs, ou éléments en béton armé préfabriqué, qui en assureront la solidité et l'étanchéité. Soit 720 000 voissoirs de 3,6 à 8 tonnes chacun, dont 221 000 pour les 57 kilomètres de galeries françaises.

A l'achèvement des travaux, l'usine de Sangatte qui les fabrique aura consommé 490 000 m³ de béton et 35 000 t d'acier (soit trois fois plus de métal que pour la tour Eiffel).

Le squelette d'un voussoir est constitué d'une cage en acier crénelé, assemblée et soudée automatiquement dans l'atelier d'armatures (**1**). Ce treillis est ensuite inséré dans un moule (sur l'une des cinq chaînes de l'usine), ce dernier étant alors rempli de béton.

Le voussoir pénètre alors dans un four d'étuvage qui accélère la prise, en autorisant un démoulage après 8 heures (**2**). Toutes les opérations de finition, ragréage, talochage et surfaçage (**3**) sont achevées manuellement à la fin du cycle, avant stockage.

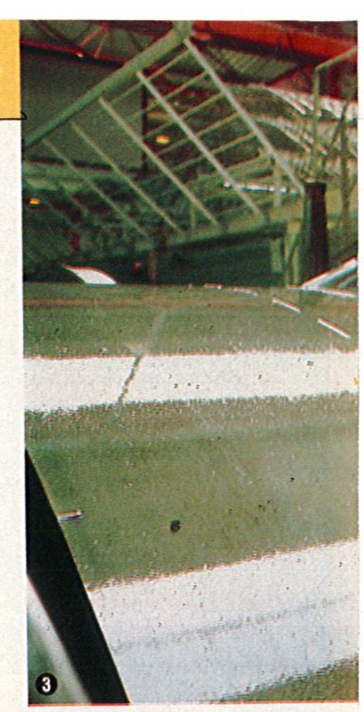
Au bout de 28 jours de maturation, il atteint la compacité voulue, soit une résistance de 55 MPa (mégapascal), soit 20 % de plus que le béton des ouvrages courants.

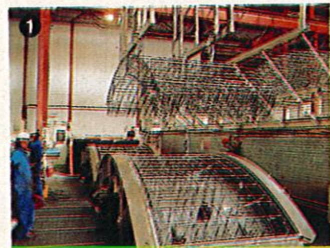
Une fois tatoué à l'encre indélébile pour une identification (**4**), le voussoir est revêtu, sur tout son périmètre, d'un joint de caoutchouc néoprène capable de garantir l'étanchéité dans la pire des hypothèses.

C'est ce qui se produirait si le tunnelier rencontrait une faille géologique totalement traversante : il se trouverait alors au contact de l'eau de la Manche inflitrée. En d'autres termes, il serait soumis à une pression correspondant à une colonne liquide de 100 m de hauteur.

54 types de voussoirs. En fonction de la courbure du tronçon de tunnel abordé (et aussi du type de tunnel : ferroviaire ou boyau d'entretien), l'équipe de pose à bord du tunnelier commandera sur son clavier tel ou tel type d'anneau.

L'ordre transite par l'opérateur de Sangatte, qui le renvoie sur un poste informatisé commandant la recherche







6



automatique et le prélèvement des six voussoirs correspondants, opération exécutée par l'un des cinq ponts roulants informatisés qui survolent en permanence cet "océan de béton" ; les 40 tonnes de ce puzzle monstrueux, sont alors descendues vers les galeries et déposées sur un wagonnet, pour terminer dans les bras érecteurs de la jupe du tunnelier.





Une fois les six voussoirs positionnés au millimètre près à l'intérieur même du tunnelier (**5**), puis boulonnés en place, un coulis de mortier est injecté entre l'anneau et la paroi du tunnel pour les solidariser définitivement.

Ensuite, comme un serpent sortant de sa mue, le tunnelier avance d'un cran dans la roche, laissant le nouvel anneau collé au précédent et à la paroi de la galerie. Et ainsi de suite.

L'unité de préfabrication des voussoirs est une usine autonome ultra-sophistiquée qui produit quotidiennement de 400 à 450 unités, soit un élément toutes les trois minutes environ. Ces coques de béton sont ensuite stockées à ciel ouvert, sur une superficie de 26 000 m² (**6**), où elles attendent patiemment (28 jours) d'atteindre le degré de maturité nécessaire pour leur mise en œuvre.

Les boues du tunnel et les déblais des terminaux



Afin d'évacuer les déblais du creusement, le tunnel est doté d'un système digestif souterrain réprésentant 1 300 t de matériel et consommant 8 000 kWh.

Le site de Fond-Pignon, à quelques centaines de mètres hors de l'enceinte du chantier (voir grand dessin p. 90), recueille les déjections boueuses issues des tunneliers, par l'intermédiaire d'un réseau de canalisation de 13 km de long et de 250 mm de diamètre. Les boues ainsi acheminées sont deversées dans un terrain en pente fermé par un barrage de 28 m de haut, long d'un km en crête. Il s'agit d'un véritable ouvrage de génie civil (**1**), soumis à un faisceau de prescriptions très pointues qui a dû, à ce titre, recevoir l'agrément du Comité technique permanent des barrages. Sa construction a nécessité 1 100 000 m^3 de remblais préalablement asséchés à la chaux (afin de pouvoir être travaillés convenablement).

Contrairement aux barrages classiques, qui sont étanches sur toute leur épaisseur, le barrage de Fond-Pignon comporte, sur toute sa face côté boues, et sur une bonne épaisseur, un tapis de drainage dont le sable, d'une granulométrie spéciale inexistante dans la région, a dû être spécialement importé de Belgique après dragage en mer. Après drainage, l'eau des boues retournera dans le circuit pour liquiéfier les nouvelles boues dans le but de faciliter leur évacuation. A l'issue des travaux, les trois millions de m^3 de boues qui viendront s'entasser à l'arrière de la muraille de Fond-Pignon feront, après décantation et consolidation, l'objet d'un réaménagement paysager.

Voyage au cœur de l'estomac. Fond-Pignon n'est que la pointe émergée d'un gigantesque système digestif enterré, conçu et dimensionné pour assurer un débit effectif de 625 m^3/h, une valeur qui correspond à un avancement simultané de 3 m pour chacun des tunneliers. La plaque-tournante de cet estomac géant souterrain est située à 50 m de profondeur, à la verticale du puits de Sangatte (voir dessin p. 90), où l'installation de pompage des boues traite et dilue les déblais, afin de les amener à leur degré de pompabilité optimale, soit une teneur en eau constante se situant aux alentours de 50 %. Les matières, acheminées depuis le front de taille par des convois de wagons (**2**), y sont déversées par retournement et vidange automatique des cuves, grâce à un ensemble de culbuteurs.

En surface, une armada d'engins. Si les opérations de forage représentent le défi technologique ma-



jeur du tunnel, les travaux de terrassement des futurs terminaux ne sont pas en reste, à l'image de la formidable armada de dumpers (camions de transport des matériaux terrassés), bouteurs (traduction française de bulldosers), pelleteuses et chargeuses en tous genres, déployée sur le site de Coquelles (**3**). Sur 700 ha de superficie, le terminal français, trois fois plus étendu que son homologue de Folkestone, est un des plus importants projets de génie civil en cours d'exécution dans le monde, avec 10 millions de m^3 de remblais et déblais à déplacer.

Le chantier se situe sur d'anciens polders, dont les couches de tourbe et de vase atteignent de 5 à 12 m d'épaisseur. Conséquence : pour accélérer artificiellement le tassement des terrains, ces derniers ont été surchargés de remblais après la mise en place de drains verticaux et d'une couche de sable drainant.

11 700 hommes pour le tunnel, dont 900 sous la

Le tunnelier est aveugle. Le conducteur assure un pilotage au centimètre près, guidé par le fil d'Ariane d'un étroit faisceau laser. Ce dernier donne la direction réelle du tunnelier dans la galerie qu'il creuse, indiquée sur un écran d'ordinateur (**1**), où s'affiche également la direction imposée. Il s'agit pour le conducteur de faire en permanence coïncider les deux.

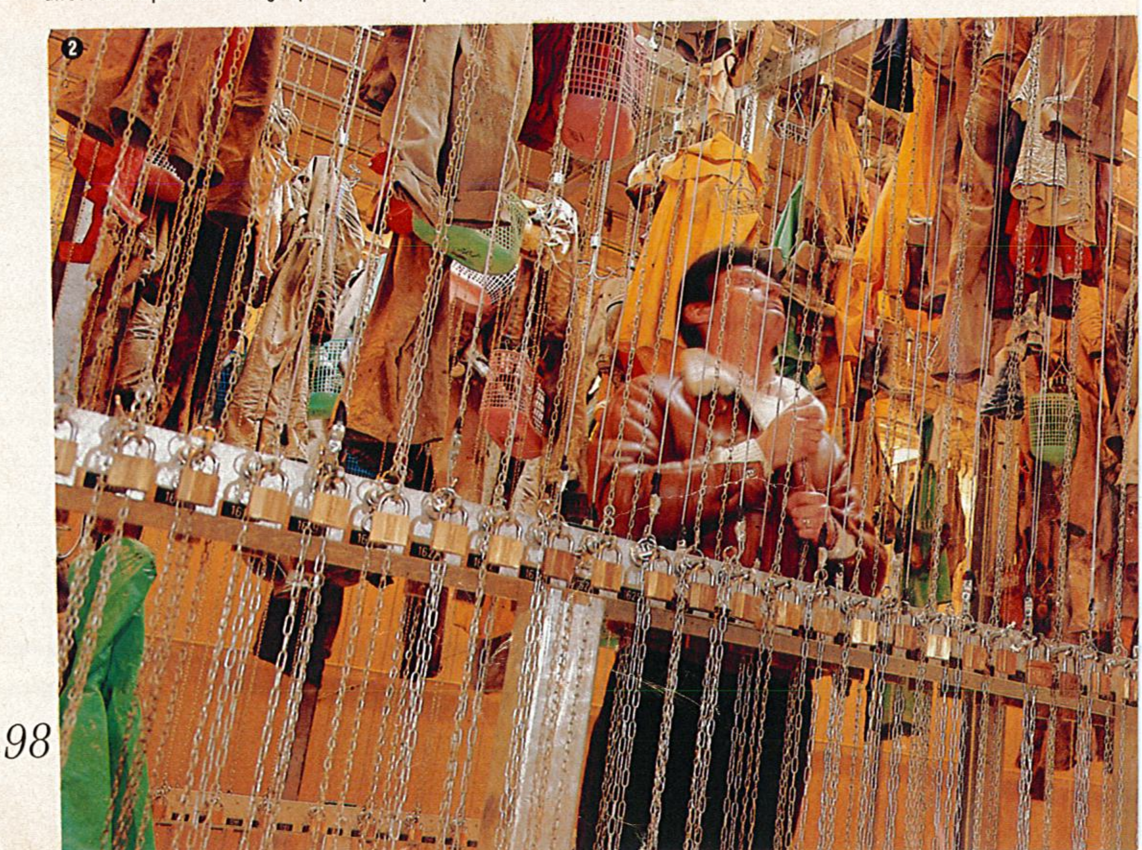
Depuis le poste de commande, où règne une chaleur d'enfer, des sondages rayonnants de 20 m de portée sont régulièrement effectués au-delà du front de taille. Cette reconnaissance préventive est réalisée par des forages destructifs qui génèrent des fractures du sous-sol, et dont la "cicatrisation" est suivie et traitée par des programmes informatiques qui intègrent l'évolution des paramètres géologiques du terrain.

En cas de détection d'une zone à très forte perméabilité, ou de nature instable, celle-ci est directement traitée et consolidée depuis le tunnelier, grâce à des mortiers à prise rapide injectés dans les forages de sondage.

Dans le cas extrême où l'engin traverserait une faille avec présence d'eau (de telles failles n'existent que du côté français), il se met automatiquement en mode "confinement" : le bouclier devient totalement étanche, isolant l'avant du front de coupe de l'arrière, c'est-à-dire du matériel et des hommes.

Comme à la mine. Le contrôle et la circulation du personnel dans les galeries sont, bien entendu, soigneusement réglementés et régis par la mise en œuvre d'un système de comptage et d'identification largement basé sur l'expérience des mines.

Après avoir endossé sa combinaison réglementaire dans la "salle des pendus" (**2**), l'ouvrier se rend sur la plate-forme d'embarquement (à 18 m au-dessus du sol), où est implanté le tableau de sécurité-





secours. Il y dépose sa plaque d'identité dans la zone de couleur correspondant au secteur de galeries où il se rend, et reçoit en échange un jeton de transport personnel. Il n'a plus alors qu'à embarquer dans la draisine qui le descend 60 m sous terre, dans le puits de Sangatte, d'où il pourra accéder aux tunneliers, grâce au réseau de rames de transport (**3**).

Philippe Donnaes

LA BATTERIE MILLE-FEUILLES

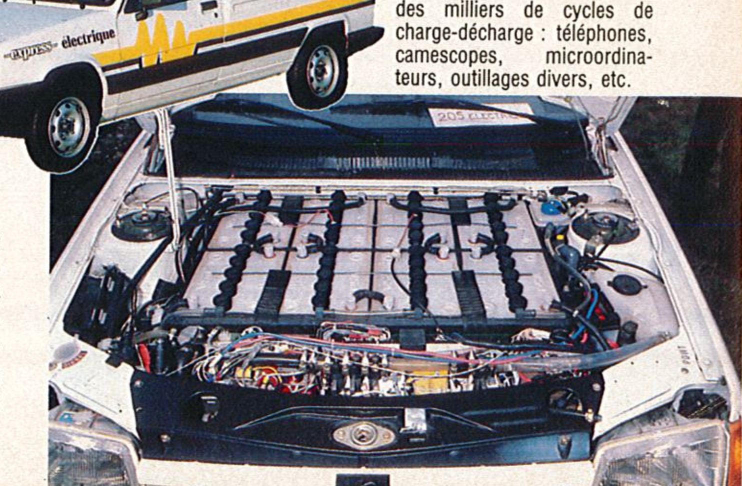
Rien n'a encore remplacé l'accumulateur inventé par Gaston Planté en 1859. En particulier, c'est toujours la vieille batterie au plomb, fonctionnant selon le même principe, qui est en service dans nos voitures. Mais des systèmes plus compacts et plus performants commencent à voir le jour grâce à la chimie d'intercalation.

PAR GÉRARD CHEVALIER

Tout générateur, que ce soit celui de Planté ou celui de Leclanché, comporte toujours deux électrodes, une anode (pôle positif) et une cathode (pôle négatif), plongées en permanence dans un électrolyte. L'anode est constituée d'un métal dont on "arrache" des électrons (de charge négative), pour produire un courant électrique dans le circuit d'utilisation extérieur. Quant aux charges positives restantes (ions métalliques), elles rejoignent la cathode en traversant l'électrolyte à l'intérieur de la batterie (*voir dessin p.102*). C'est entre ces deux pôles, par le circuit extérieur d'utilisation, au cœur des câbles, des bobinages du démarreur, des ampoules de phares, etc., que voyagent les électrons dont dispose la batterie chargée. Au bout d'un temps plus ou moins long, celle-ci a délivré tout son courant électrique, elle s'est déchargée. Pour la recharger, il suffit de faire faire le trajet inverse, jusqu'à l'anode, aux ions et aux électrons. Autrement dit, au lieu de tirer de l'énergie de l'accumulateur, on lui en fournit, en le mettant sous tension inverse.

En quête de systèmes de production d'énergie portables, c'est-à-dire moins volumineux, moins lourds, et plus puissants, les chimistes du solide et les électrochimistes ont cherché à multiplier la capacité d'accueil des ions et des électrons, c'est-à-dire la surface de contact des électrodes. Ils se sont avisés qu'une structure intercalaire permettant précisément d'augmenter la surface de contact pouvait être plus intéressante qu'une cathode massive classique. Que faut-il entendre par structure intercalaire ? On a depuis longtemps observé et étudié certains solides qui se présentent sous forme de feuillets : dans la nature, les micas sont un bon exemple de telles structures organisées en couches homogènes et stables dans un plan, mais faiblement liées entre elles dans la direction perpendiculaire. Des mille-feuilles en quelque sorte.

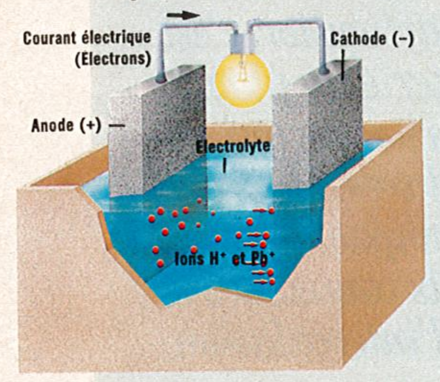




La voiture électrique n'est qu'une des nombreuses applications industrielles ou domestiques qui attendent une source d'énergie électrique très compacte et permettant des milliers de cycles de charge-décharge : téléphones, camescopes, microordinateurs, outillages divers, etc.

LA CLASSIQUE BATTERIE DE VOITURE

Elle fonctionne selon le principe de l'accumulateur de Planté. Cet ancêtre et modèle de base de nos accumulateurs comporte deux électrodes plongées dans un électrolyte, l'acide sulfurique. L'anode, électrode positive, est en plomb, et la cathode, l'électrode négative, est aussi en plomb, mais



recouverte d'une couche de dioxyde de plomb. Lorsqu'on l'utilise, pour fournir un courant électrique (allumer une ampoule, par exemple), voici ce qui se passe à l'intérieur de l'accumulateur.

A l'anode, le plomb réagit avec l'acide sulfurique, ionisé par la mise sous tension : l'atome de plomb libère deux électrons ($2 e^-$)et devient un ion Pb^{++} ; de son côté l'acide (H_2SO_4) se dissocie en deux ions positifs $2 H^+$ et en un ion négatif SO_4^{--}. A l'issue de la réaction, on obtient du sulfate de plomb (PbSO4) résultat de l'association Pb^{++} avec SO_4^{--}. Les deux électrons libres parcourent le circuit extérieur (à travers le filament de l'ampoule dans notre exemple) pour rejoindre l'autre électrode. C'est cela le courant électrique fourni par l'accumulateur.

Du côté de la cathode, le dioxyde de plomb, l'acide sulfurique de l'électrolyte, les $2 H^+$ de la réaction précédente ainsi que les deux électrons arrivés de l'anode fournissent là aussi du sulfate de plomb et deux molécules d'eau ou H_2O (selon la réaction : $PbO_2 + H_2SO_4 + 2 H^+ + 2 e^-$ donne $PbSO_4 + 2H_2O$).

Au bout d'un certain temps de décharge, une bonne partie de l'électrolyte est devenue sel + eau, et la couche de PbO_2 finit par s'élimer. Résultat : le courant fourni devient de plus en plus faible ; il faut recharger. On procède alors à l'opération inverse : au lieu de tirer de l'énergie de l'accumulateur, on lui en fournit, en le mettant sous tension inverse. $PbSO_4$ se redécompose pour donner Pb et H_2SO_4 (selon la réaction $PbSO_4 + 2 H^+ + 2 e^-$ donne $Pb + H_2SO_4$) sur la première électrode ; et sur l'autre $PbSO_4$ redonne PbO_2 et H_2SO_4 (selon la réaction $PbSO_4 + SO_4^{--} + 2H_2O + 2 e^-$ donne $PbO_2 + 2H_2SO_4$).

Or, on peut très bien concevoir qu'une espèce différente puisse venir s'insérer entre ces couches, quitte à les écarter un peu et créer ainsi une nouvelle structure. Si l'on arrive à combiner cette opération de nature mécanique avec une réaction électrochimique libérant des électrons, on s'approche d'une solution élégante pour réaliser des générateurs primaires, ou, encore mieux, secondaires si la réaction d'insertion se révèle réversible (on parlera alors d'intercalation) et peut être répétée sur un certain nombre de cycles.

Dans le monde, plusieurs équipes de recherche travaillent sans relâche sur les applications de cette chimie d'intercalation. Parmi les pionniers dans ce domaine, le Pr Jean Rouxel a créé à Nantes un laboratoire de recherches de renommée mondiale. Quoique gagné de vitesse dans les années 1974-1975 par les laboratoires Bell aux Etats-Unis et par des industriels américains, le laboratoire du Pr Rouxel a pu se maintenir à la pointe et développer depuis 1977 d'étroites collaborations avec des industriels français, notamment le laboratoire de recherches de la CGE à Marcoussis. Comme souvent dans le domaine des hautes technologies, ce sont des contrats de recherche militaires qui ont permis de financer une grande partie des longues années de développement. Les applications militaires et spatiales sont évidemment friandes de sources d'énergie légères ; et, dans ce domaine, la chimie d'intercalation est très prometteuse ! En effet, les capacités théoriques de production d'énergie par unité de masse de ces batteries à composés d'intercalation couplés au lithium sont de trois à cinq fois supérieures aux systèmes déjà connus et commercialisés.

Dans les accumulateurs à chimie d'intercalation, le métal qui constitue l'anode est le lithium (Li), intéressant à cause de la petite taille de ses atomes : les ions Li+, atomes qui ont perdu des électrons lors de la réaction chimique avec l'électrolyte, peuvent aller s'intercaler dans une cathode aux feuillets très serrés, d'où une miniaturisation plus poussée de l'accumulateur (*voir dessin p. 103*).

Plus encore que cette anode au lithium, c'est la cathode, où intervient l'intercalation, qui passionne les chimistes du solide. Si l'image des feuillets plans parfaitement empilés est commode pour la représentation imagée, ces chercheurs ont également exploré d'autres types de structure-hôte. Celles-ci peuvent en effet posséder une structure d'organisation préférentielle dans une dimension unique (fibres), dans deux dimensions (feuillets) et même dans trois dimensions (structures cristallines).

Les fibres présentent l'inconvénient des tunnels : qu'un accident se produise à l'intérieur, et toute circulation est immédiatement bloquée : il n'y a pas d'"itinéraire de délestage". En fait, on recherche plutôt une grande mobilité des ions à l'intérieur de la cathode ; on remplit ainsi le plus grand nombre de sites d'accueil avec des ions Li+, et un plus grand nombre d'électrons (donc un plus fort courant) parcourent le circuit d'utilisation. Les structures bi ou tri-dimensionnelles sont, à cet égard, plus intéressantes, quoique plus complexes.

On a, par exemple, beaucoup travaillé sur le disulfure de titane (TiS_2), à Nantes et aux Etats-Unis chez Exxon. Si l'on examine au microscope électronique l'arrangement des atomes de titane et de soufre, on voit apparaître des structures tri-dimension-

LE NOUVEL ACCUMULATEUR À INTERCALATION

Il est constitué selon le même principe que l'accumulateur de Planté : deux électrodes au contact d'un électrolyte, mais les matériaux utilisés et l'architecture de l'accumulateur sont différents. Dans sa forme définitive, les différents éléments seront empilés en couches successives, l'ensemble étant ensuite roulé, comme le gâteau du même nom. L'anode est constituée de lithium pur ; l'électrolyte est un composé solide fait d'un sel de lithium ($LiAsF_6$) ; la cathode, elle, est un "mille-feuille" à base de pentoxyde de vanadium (V_2O_5).

Là aussi, lorsque l'on sollicite l'accumulateur (pour alimenter les fonctions d'un appareil photo, par exemple), les électrons de l'anode traversent les circuits extérieurs et forment le courant électrique, pendant que, à l'intérieur, les ions positifs quittent cette anode pour traverser l'électrolyte et aller s'intercaler entre les feuillets de la structure d'accueil de la cathode. La mise en charge se fait dans le sens inverse, comme pour l'accumulateur de Planté.

Le fait d'avoir un accumulateur (donc une source d'énergie rechargeable) de taille réduite n'est pas en soi une nouveauté ; à ceci près que l'accumulateur à intercalation permet un rappport puissance/poids nettement plus favorable ; en d'autres termes, pour une même puissance fournie, l'accu à intercalation permet, du moins en théorie, des tailles de trois à cinq fois plus réduites que les boutons au nickel-cadmium de nos camescopes.

Cet avantage est dû essentiellement au lithium. En effet ses atomes étant parmi les plus petits de la table de Mendeleev (et donc ses ions positifs aussi), ils permettent des structures d'accueil aux feuillets extrêmement resserrés, et donc une miniaturisation extrême.

Quant à l'intérêt de la structure intercalaire, il vient, tout simplement, du fait que pour un même volume d'électrode la surface de contact, et donc la capacité d'accueil d'ions, est, on le comprend, très grandement multipliée.

nelles de base qui se répètent : dans le cas précis du TiS_2, des octaèdres. Mais il suffit d'observer d'une autre manière et l'on s'aperçoit que ces octaèdres s'imbriquent de manière régulière, en sorte qu'apparaissent des feuillets ; chacun est en fait constitué d'une couche d'atomes de titane prise en sandwich entre deux couches d'atomes de soufre. Chaque espace inter-feuillet, espace de faible liaison atomique (en termes savants une "lacune de Van der Wals") est donc bordé par deux couches identiques d'atomes de soufre.

Il est étonnant de constater que, malgré quelques imperfections pratiques dues à la présence d'atomes excédentaires dans la lacune de Van der Wals, on arrive à faire se mouvoir les ions Li+ dans certains composés lamellaires avec une mobilité comparable à celle qui est atteinte dans les liquides ! De même, il est surprenant d'imaginer, en théorie du moins, une batterie dont l'anode est entièrement consommée par la cathode, une fois que tous les ions Li+ ont rejoint la structure hôte.

Mais si belle que puisse paraître la théorie, l'industrialisation n'en comporte pas moins quelques difficultés. Depuis quelques années, on sait fabriquer des piles au lithium au stade industriel ; elles concurrencent les piles boutons au mercure et les montres que nous portons à nos poignets sont peut-être déjà alimentées par une telle pile, dont la cathode est constituée d'un dioxyde de manganèse (MnO_2). Mais, comme on peut le constater, ces montres ne peuvent pas être rechargées, cela parce que la réversibilité du processus est impossible.

La condition de réversiblité au niveau de la cathode, bien évidemment nécessaire pour aboutir à un accumulateur qu'on espère recharger plusieurs centaines de fois, est loin d'être suffisante.

Des problèmes sont également apparus du côté de l'anode sur laquelle, au bout de quelques cycles de recharge, des dendrites peuvent se former et entraîner des courts-circuits fâcheux (***voir dessin p.104***) ; ou bien encore, les tensions de fonctionnement requises par les utilisateurs ont imposé de rejeter dans les oubliettes des composés anode/cathode prometteurs... Les sulfures tels que TiS_2,

mentionné plus haut, ont fait l'objet d'études nombreuses. C'est ainsi que, dès 1979, Exxon a lancé sur le marché un accumulateur au TiS_2 qui se révéla à l'usage fort décevant, car il ne pouvait supporter en moyenne que cinq cycles de recharge.

Un industriel canadien, Moli Energy, a misé quant à lui sur un autre sulfure, le disulfure de molybdène (MoS_2). Son accumulateur, apparu sur le marché en 1984, pouvait effectivement supporter jusqu'à 500 cycles, mais des problèmes de sensibilité à la température et de gains en énergie trop faibles par rapport à la concurrence des accumulateurs nickel-cadmium existants ont conduit Moli Energy au bord du gouffre financier...

La mise en œuvre de tels composés sulfurés est coûteuse et complexe, car potentiellement dangereuse : il est facile d'en fabriquer cent grammes au laboratoire, mais les risques d'explosion sont grands si l'on en désire un kilo ! On imagine les précautions à prendre au stade industriel !

De plus, outre ces difficultés de mise en œuvre, la faiblesse relative de la force électromotrice disponible avec les sulfures (de 1,3 à 2,5 volts ; 2,1 volts pour TiS_2) semble limiter leur développement commercial. Il est en effet impératif que chaque élément fournisse au minimum 3 volts, en particulier pour les associations en batteries de 12 ou 24 volts. Aussi est-ce maintenant la famille des oxydes métalliques qui a le vent en poupe et qui devrait pouvoir répondre aux besoins du marché. Les recherches les plus importantes ont porté sur le dioxyde de manganèse (MnO_2) ; de faible coût, constitué d'un matériau non toxique, sa plage de travail en tension se situe aux alentours de 3 volts. Quoique les japonais Sony et Sanyo aient fait état d'importants travaux sur ce type de cathode, il semble prématuré de se prononcer sur son devenir commercial.

En France, la société Saft, filiale de la CGE, a choisi de porter une grande partie de ses efforts sur un oxyde de vanadium (V_2O_5). La tension moyenne du couple Li/V_2O_5 est de 3,2 volts. La réversibilité est conservée si la décharge n'est pas trop profonde : en effet, à la différence des accumulateurs au plomb par exemple, ce type d'accumulateur à chimie d'intercalation ne tolère pas que la décharge soit complète (jusqu'à 0 volt). La structure-hôte en serait trop profondément modifiée et perdrait considérablement en "qualité de réversibilité". Pour le couple Li/V_2O_5, le domaine de cyclage optimal se situe entre 2,8 V et 3,8 V.

Mais si la tension est idéale, qu'en est-il de l'énergie réelle (produit de la tension par l'intensité) disponible ? La question est d'importance car l'avenir de ces accumulateurs dépend de leur capacité énergétique par rapport aux systèmes concurrents.

On parlera de densité d'énergie en wattsheures, par kilogramme (Wh/kg) ou par dm^3 (Wh/dm^3). Les accumulateurs nickel-cadmium, qui ne font pas partie de la famille de l'intercalation, en sont dans l'état actuel de leur développement à environ 100 Wh/dm^3, mais des couples nickel-hydrures ($Ni-H_2$) se profilent déjà à l'horizon avec 150 Wh/dm^3.

Le couple $Li-V_2O_5$ développé par la SAFT a été mis en œuvre sur un prototype de format cylindrique classique dans lequel les électrodes sont enroulées en spirale pour former un "bobino". La densité d'énergie pratique annoncée est de 175 Wh/dm^3, avec un nombre de cycles typique de 100. Si ce nombre de cycles satisfait certaines applications militaires, un long chemin reste certainement à parcourir avant de pouvoir envisager des applications de grande consommation. L'électrolyte utilisé est un sel de lithium solide, le LiAsF6, composé dans lequel le symbole As indique la présence d'arsenic ! Lorsqu'on connaît les problèmes posés par la toxicité des piles boutons au mercure, on peut imaginer ceux

(suite du texte page 176)

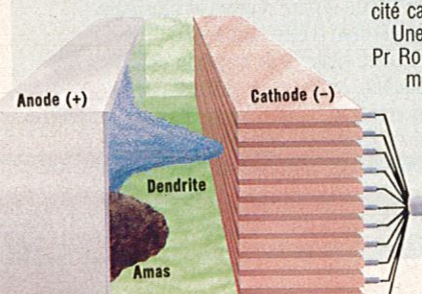
DES "CONGÈRES" QUI GÈLENT L'INTERCALATION

Dans l'accumulateur à intercalation, la couche de lithium initiale de l'anode est massive. Au contact de l'électrolyte, elle se recouvre d'une pellicule très dense, qui la rend passivante vis-à-vis de l'électrolyte et empêche donc une corrosion inopinée. Lors des décharges successives, la géométrie de la surface de la couche de lithium se modifie. A la recharge, le courant n'étant plus, de ce fait, homogène, les ions Li^+ qui viennent rejoindre l'anode vont avoir tendance à s'agréger et former ce qu'on appelle des dendrites, qui, en grandissant au cours des cycles, vont atteindre la cathode : c'est le court-circuit assuré et la mort de l'accumulateur !

Un film séparateur, généralement en polypropylène et au travers duquel passent les ions lithium, est inséré dans le système : il a notamment pour fonction de "casser" les dendrites en cours de formation et de prolonger la vie de l'accumulateur.

Hors les dendrites, se forment également sur l'anode des "amas" de lithium qui se recouvrent d'une couche passivante de plus en plus épaisse à mesure que se multiplient les cycles charge-décharge. Il arrive un moment où le lithium ainsi emprisonné ne peut plus fournir ses ions. On essaie de ne perdre que 1 ou 2 % de matière disponible à chaque cycle, c'est pourquoi l'on prévoit toujours du lithium en excès à l'anode (jusqu'à 4 fois la capacité cathodique).

Une solution élégante, selon le Pr Rouxel, serait d'utiliser des systèmes dits "rocking-chair", dans lesquels l'anode serait, elle aussi, une structure-hôte d'intercalation. Les ions Li^+ se balanceraient de l'anode à la cathode avec un rendement maximal.



MICRO-INFORMATIQUE. APPRENEZ A LIRE A VOTRE SOURIS
OU DÉCOUVREZ LE NOUVEAU SCIENCE & VIE MICRO
EN VOUS ABONNANT, C'EST PLUS MALIN !



BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner à SVM 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris CEDEX 15

OUI je souhaite profiter de votre offre spéciale
ur m'abonner à SVM pour un an au prix de 215 F.
Ci-joint mon règlement par chèque
'ordre de SVM-BRED.

Nom ____________________
Prénom ____________________
Adresse ____________________
Code postal ________ Ville ____________

FFRE VALABLE JUSQU'AU 1er JANVIER 1991 ET RÉSERVÉE A LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

C879

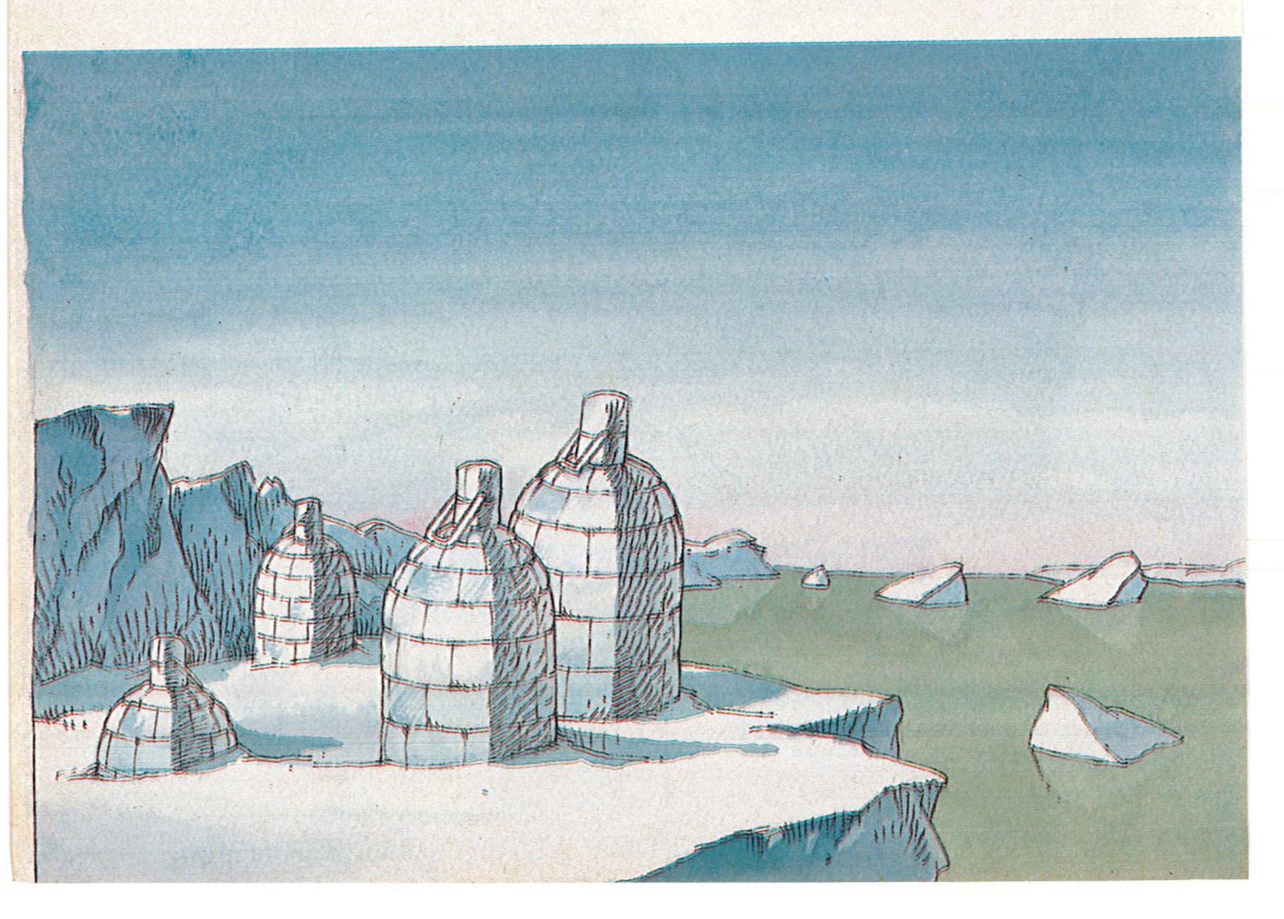
DU PÉTROLE POUR 1 000 ANS AU CONGÉLATEUR

Dans le sous-sol des régions froides et sous les océans sommeillent des réserves phénoménales de gaz naturel congelé : les hydrates de gaz. La crise actuelle du pétrole devrait les mettre au goût du jour.

PAR J.-C. ISEUX ET J. DENIS-LEMPEREUR

Une source d'énergie fabuleuse est cachée dans les entrailles de la Terre. Elle est suffisamment abondante pour alimenter, à elle seule, le prochain millénaire. Seuls, quelques initiés s'intéressaient jusqu'à présent aux hydrates de gaz, mais devant la montée spectaculaire du prix du pétrole et les problèmes de sûreté posés par le nucléaire, ces composés devraient connaître sous peu leur heure de gloire.

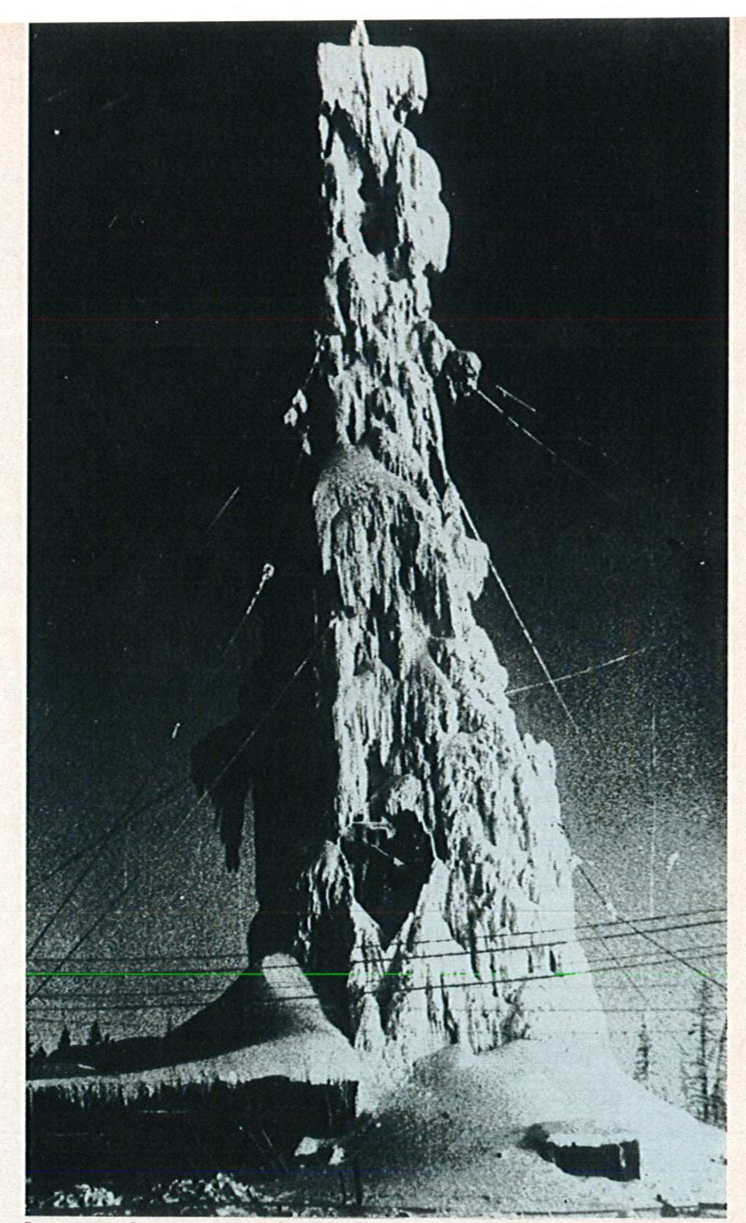
Il s'agit tout simplement de gaz naturels, essentiellement du méthane, accompagné d'un soupçon de propane, d'éthane, d'azote et de gaz carbonique, piégés au milieu de molécules d'eau dans des condi-



tions bien spécifiques de haute pression et de très basse température (*voir dessins p. 108*). De l'énergie congelée en quelque sorte ! Les hydrates de gaz ressemblent à de la neige ou à de la glace poreuse. La neige carbonique, que l'on fabrique et stocke en bonbonnes et que l'on utilise parfois en dermatologie, appartient à la même famille.

En fait, tous les gaz dont les molécules ont un diamètre qui ne dépasse pas 0,69 nanomètre (6,9 angströms) peuvent former des hydrates en présence de molécules d'eau, s'ils sont soumis à des pressions suffisamment élevées et des températures assez basses. Ainsi, le méthane et l'eau se transforment en hydrates au-dessous de 10°C, à une profondeur de 800 mètres.

C'est un Anglais, Humphrey Davis, qui, le premier, découvrit cette étrange propriété en mélangeant, dans son laboratoire, du chlore et de l'eau à une température et une pression adéquates. C'était au début du siècle dernier et sa découverte n'émut guère la communauté scientifique qui la rangea parmi les bizarreries de la chimie, jusqu'au moment où les pétroliers la redécouvrirent avant la dernière guerre dans leurs gazoducs les plus septentrionaux. Lorsque le gaz transporté contenait de la vapeur d'eau, il se formait dans les conduits une sorte de neige qui gênait la circulation. Mais c'est beaucoup plus tard, il y a à peine une trentaine d'années, qu'on découvrit l'existence des hydrates de gaz à l'état naturel dans l'écorce terrestre. Ce sont les Soviétiques qui furent pionniers dans ce domaine, et notamment le Pr Youri Makogon, de l'Institut national de recherche du gaz de Moscou, qui déposa ses résultats de recherche dans le registre d'Etat du comité chargé des inventions et découvertes, le jour de Noël 1969.



Lorsque du gaz naturel et de l'eau se rencontrent par grand froid, il peut se former des hydrates de gaz. Ce fut accidentellement le cas sur un puits de forage en Sibérie, comme en témoigne cette photo spectaculaire.

On trouve les hydrates de gaz à des profondeurs accessibles essentiellement dans deux milieux (*voir carte p. 109*) :

- sous les continents, dans les sols qui restent gelés en permanence, connus sous le nom de "pergélisol" ou "permafrost", comme en Sibérie.
- sous les océans, au niveau des marges continentales.

Les régions de la planète qui renferment une couche de roches glacées, d'une épaisseur allant d'une dizaine de mètres à 1 000 mètres et plus, couvrent une superficie d'environ 34,5 millions de km², soit près du quart des terres émergées. L'Union soviétique, à elle seule, en possède 10,6 millions de km², ce qui représente la moitié environ de son territoire. Mais plus de 60 % du Canada et 75 % de l'Alaska sont également concernés.

La profondeur idéale pour trouver ces gaz congelés semble osciller autour de 800 mètres. Encore faut-il qu'il y ait eu, au cours du processus géologique, formation d'une quantité de gaz suffisante pour que, dissoute dans l'eau, celle-ci soit saturée, condition indispensable pour aboutir à la constitution

d'hydrates. La saturation est atteinte dès qu'un cm³ d'eau renferme 0,4 cm³ de gaz.

Une grosse partie de ce gaz viendrait de bassins houillers ou de gisements d'hydrocarbures sous-jacents, mais beaucoup plus profonds, et auraient migré vers la surface, avant d'être piégés au moment de leur rencontre avec des roches poreuses gorgées d'eau, la température et la pression étant propices à leur transformation. C'est donc bien évidemment dans les bassins sédimentaires ayant subi une évolution géologique favorable à l'accumulation et à la transformation de la matière organique, que l'on peut s'attendre à les trouver. Là, où on trouve aussi du pétrole et du charbon.

Sous les océans, les sédiments susceptibles d'en renfermer couvrent une surface de 350 millions de km². Dans les régions polaires, les conditions nécessaires à leur formation apparaissent à partir d'une profondeur située entre 100 et 250 mètres. Mais les régions tropicales peuvent aussi en recéler ; il suffit de descendre un peu plus profond, à partir de 250 à 500 mètres.

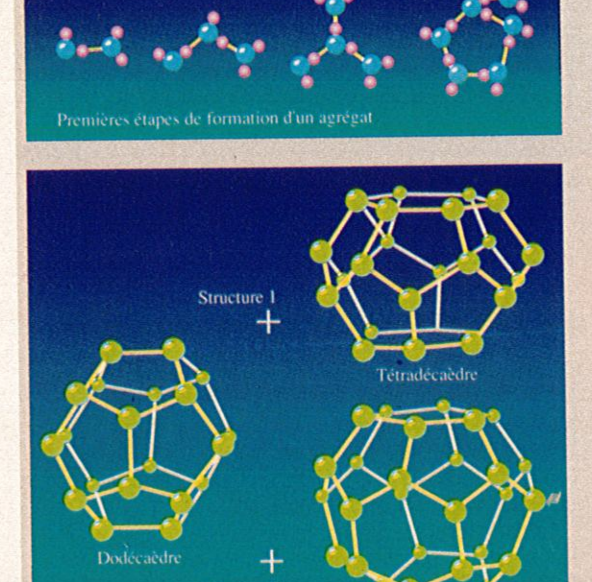
Ces réserves, qui sont encore imparfaitement connues, ne risquent pas de disparaître, car une des propriétés des hydrates est leur imperméabilité à l'eau et au gaz, ce qui leur confère une remarquable stabilité. C'est pourquoi des quantités phénoménales ont pu s'accumuler au cours des âges géologiques et sont aujourd'hui intactes.

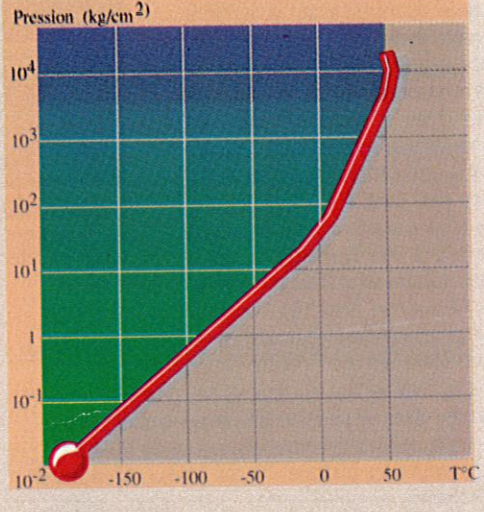
Pour repérer les gisements, des méthodes géophysiques classiques, comme les sondages sismo-acoustiques, suffisent : les prospecteurs ont,

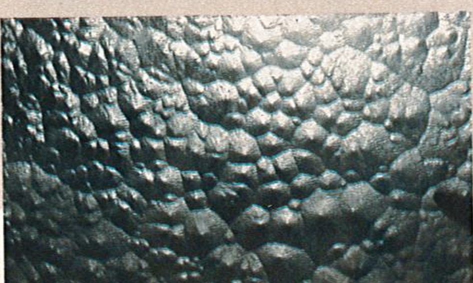
DES CAGES D'EAU POUR CAPTER LE GAZ

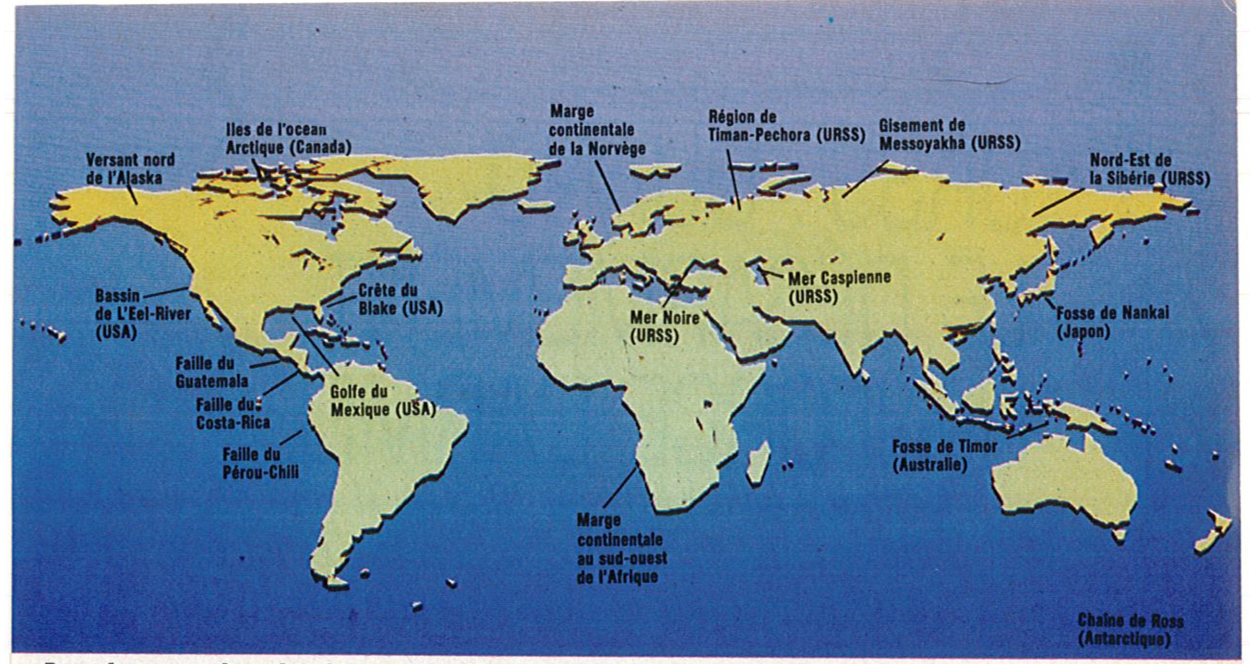
Pour que le gaz se congèle, il doit être soumis à des conditions précises de température et de pression. Mais la zone est assez large, car plus la pression est élevée et moins la température aura besoin d'être basse. C'est ainsi qu'on a pu "fabriquer" en laboratoire des hydrates de méthane (**1**) à une température de 12° C, mais sous une pression de 10 MPa ! Inversement, plus la température est basse et moins la pression aura besoin d'être élevée (voir photo p. 107) Le domaine de prédilection des hydrates de gaz est celui situé au-dessus de la courbe (**2**).

Lorsque ces conditions de température et de pression sont réunies, les molécules d'eau s'accumulent (**3**) sous forme d'agrégats et emprisonnent les molécules de gaz. Les hydrates de gaz apparaissent alors sous forme de corps solides cristallins qui ressemblent à de la neige ou de la glace poreuse. En fait, à l'échelle microscopique, on s'aperçoit que les hydrates peuvent adopter deux structures différentes résultant d'une combinaison de différents types de "cages" (dodécaèdre, tétradécaèdre et hexadécaèdre) (**4**). Dans la structure I, la plus courante dans le milieu naturel, la cellule élémentaire est constituée de 46 molécules d'eau formant deux petites cavités ayant la forme de dodécaèdres et six grandes cavités tétradécaèdriques. Dans la structure II, on retrouve les seize petites cavités dodécaèdriques, mais associées à huit grandes cavités ayant la forme d'hexadécaèdres.









Des réserves colossales de gaz congelé. On trouve des conditions favorables à la formation d'hydrates de gaz sur le quart de la surface des continents et sous la quasi-totalité du fond des mers. Les géophysiciens ont repéré plus précisément des grandes zones de gisements. Celui de Messoïakha, en Sibérie, est exploité depuis 1969.

en effet, observé que les ondes sismiques ne se déplaçaient pas à la même vitesse dans les sols gelés dépourvus d'hydrates de gaz et dans ceux qui en contiennent — les ondes progressant alors beaucoup plus vite (de 60 à 100 %).

Selon les plus récentes estimations des Soviétiques, ces gisements d'énergie congelée représenteraient un potentiel disponible de... 20 millions de milliards de m³ de méthane ! Ce qui représente le double des réserves connues de pétrole, de charbon et de gaz naturel à l'état libre. Pour faire cette comparaison, on considère la quantité de carbone contenue dans tous ces combustibles. En ce qui concerne le méthane, il y en aurait 500 fois plus dans ces gisements glacés que dans les stocks classiques de gaz naturels. Encore faut-il parvenir à les exploiter. Ce n'est pas simple, puisque, lorsque le gisement est sous la mer, il faut recourir à des techniques off-shore et, lorsqu'il est terrestre, l'exploitation doit se faire dans un milieu froid et hostile.

Par ailleurs, il ne s'agit pas de pomper de la neige, mais de récupérer du méthane, donc de décongeler ces "gaz solides". Il existe plusieurs méthodes qui consistent toutes à modifier les conditions thermodynamiques, en réduisant soit la pression, soit la température. Un des procédés utilisés consiste à injecter de la vapeur d'eau ou des gaz chauds.

Jusqu'à présent, il n'a pas été nécessaire de recourir à cette ressource un peu coûteuse en raison des difficultés techniques qu'elle soulève.

Le prix de production du baril atteignait 20 dollars en 1984. Le coût de production du brut varie aujourd'hui de 30 dollars (mer du Nord) à 1 dollar (Arabie saoudite). Si le pétrole du Golfe (12 millions de barils par jour, 1/4 de la consommation mondiale) venait à manquer sur nos marchés, le coût des hydrates de gaz deviendrait intéressant. Aussi, peu de gisements ont été exploités. Mais la preuve de la faisabilité industrielle a été apportée par les Soviétiques qui puisent, depuis 1969, dans le gisement de Messoïakha qui s'étale sur 85 m d'épaisseur, au nord-est de la Sibérie occidentale. De 1969 à 1985, les Soviétiques y ont prélevé quelque 30 milliards de m³ de méthane.

En étant raisonnable, on peut estimer que 30 % seulement des gisements mondiaux d'hydrates de gaz pourraient être exploités, ce qui représente tout de même 5,67 millions de milliards de m³ de méthane. Actuellement, la consommation mondiale de ce gaz, provenant de gisements classiques, atteint 1 560 milliards de m³ par an. On prévoit que cette consommation triplera d'ici à l'an 2000. Mais même si elle devait continuer à augmenter, on pourrait puiser allégrement dans les gisements d'hydrates de gaz. Ce pactole ne risque pas de s'épuiser avant des siècles et des siècles. Pour les Soviétiques qui ont été obligés de réduire considérablement leur programme nucléaire et qui manquent cruellement d'énergie, les ressources de leur sous-sol en hydrates de gaz sont une véritable aubaine. Pour les Américains — avec l'Alaska — et les Canadiens, c'est la même chose.

Bref, avec la flambée du prix du pétrole, les meilleures cartes en matière d'énergie risquent de changer de mains et l'atout est peut-être dans ces immenses réserves de gaz congelé.

Jean-Christophe Iseux
et Jacqueline Denis-Lempereur

URSS : QUAND LE DÉSARMEMENT RENFORCE L'ARMÉE

Gorbatchev déclare en 1988 qu'il veut faire moins de canons et plus de casseroles. Deux ans après, traduction par le pays de cette bonne intention : l'industrie militaire se débarrasse au profit du civil de ses tâches subalternes et transfère des crédits considérables pour l'armement de pointe ; les secteurs industriels ainsi rendus à la vie civile ne parviennent pas à satisfaire les besoins immenses de la population.

PAR JEAN-RENÉ GERMAIN

C'est un échec cuisant, avait dit en substance à propos de la reconversion des industries militaires en industries civiles l'un des bras droits de Mikhaïl Gorbatchev, A. Yakovlev, alors que se tenait à Moscou le premier salon de l'Aviation.

Il n'a pas fallu plus de deux ans pour qu'on parvienne à cette triste conclusion. C'est en effet fin 1988 que Mikhaïl Gorbatchev décidait d'affecter à la production civile une part importante de son industrie de défense. L'objectif poursuivi était double : faire des économies et montrer aux étrangers le bon profil de l'URSS.

En juin 1989, Gorbatchev communique au Congrès du peuple le chiffre des dépenses militaires de son pays pour l'année en cours : 77,3 milliards de roubles (773 milliards de francs) [1]. 14% de moins que l'année précédente. Cela n'en représente pas moins 15 % du budget de l'Etat [2]. En comparaison, les Etats-Unis affectent 28,9 % de leur budget à la défense, la France 15,9 %. Mais ces derniers peuvent se le permettre, car ils ont des économies prospères, ce qui n'est pas le cas de l'Union soviétique.

Une partie des roubles ainsi économisés sera reversée dans le secteur de la consommation, qui en a le plus urgent besoin. Certes, les industries d'armement soviétiques produisent déjà des équipements civils : la majorité des téléviseurs et des machines à coudre pour particuliers, plus de 97 % des réfrigérateurs et des magnétophones, plus de la moitié des vélomoteurs et près de 70 % des aspirateurs et des machines à laver ; mais cela ne représente que 5 % de la production civile non alimentaire. Pour le Kremlin, désormais, il s'agit d'augmenter la quantité de ces biens de consommation, mais aussi et surtout d'en élever la qualité au niveau international. C'est une gageure pour bien des raisons.

La première raison réside dans le secret défense lui-même. Il sépare trop nettement civils et militaires, qui ont, de toute façon, une attitude psychologique fort différente. Pour le moment, ce sont les militaires qui monopolisent l'information technologique, et l'on peut se demander s'ils sont réellement disposés à en faire bénéficier le secteur civil. Pour tenter de mettre fin à ce monopole, le ministre des Industries de l'armement, B. N. Beloussov, avance que, chaque année, les militaires fourniront gratuitement aux civils plus de 100 000 cahiers de documentation technique sur l'innovation scientifique et technique. Mais le feront-ils ? Jusqu'à présent, face à l'insistance des entreprises civiles à demander

« A la bonne reconversion » !

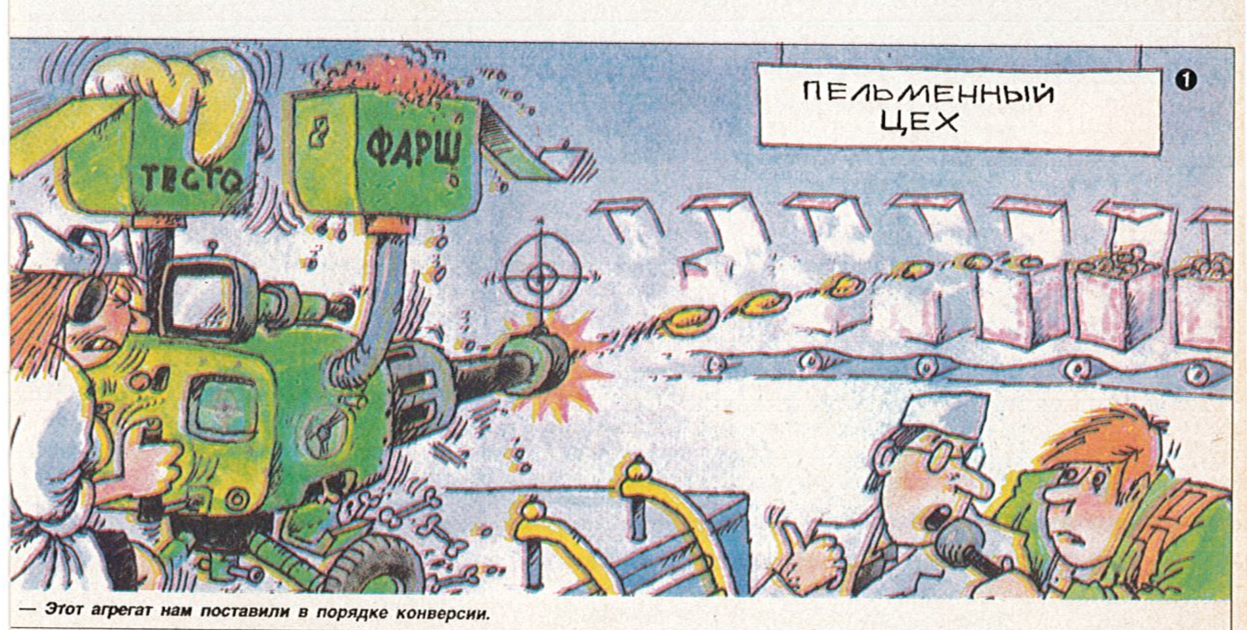
Le thème de la "conversion" au civil de la production des usines militaires excite la verve des caricaturistes du célèbre hebdomadaire satirique soviétique *Krokodil*. Sur le dessin **1**, le spécialiste explique au journaliste comment un supercanon a été reconverti en machine à fabriquer les *pelmeni*, ces gros ravioli dont les Russes sont si friands. Le militaire du dessin **2** montre au responsable civil du Parti sa nouvelle production réalisée dans le cadre de la conversion. Enfin, en **3**, la reconversion de l'armement au prêt-à-porter !

— А это наша новая продукция, идущая по конверсии.

2

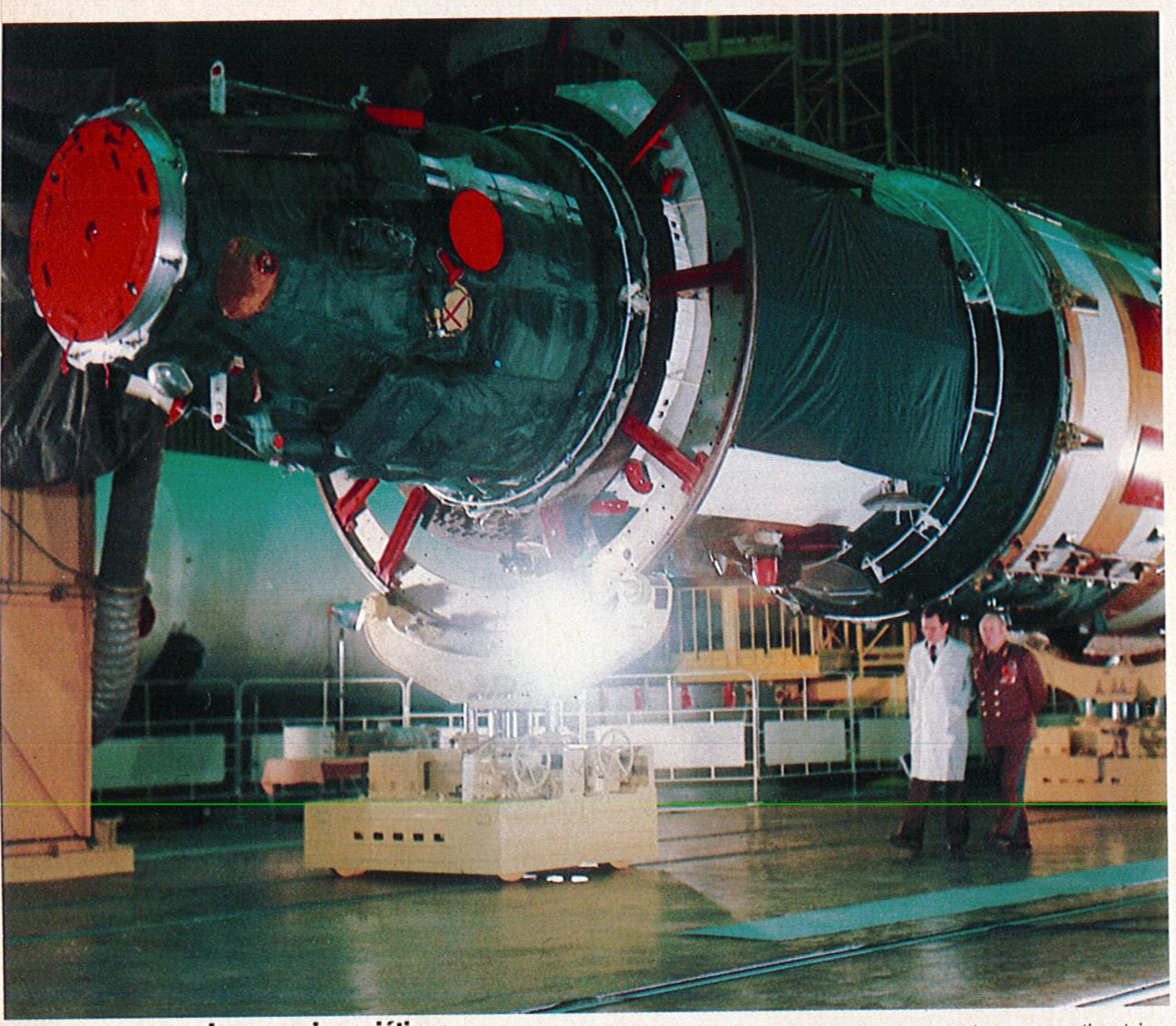


3



1

— Этот агрегат нам поставили в порядке конверсии.



Le pouvoir soviétique, pour résoudre le lancinant problème de la grande consommation, a converti certaines branches de ses industries militaires à la production de biens de consommation. L'usine Khrounitchev, à l'origine de la station spatiale Mir et de ses modules, est désormais contrainte de fournir luges, « hula-hoop » et bicyclettes.

des équipements de pointe, le moins que l'on puisse dire est qu'ils ne se montrent guère pressés de renoncer à un privilège acquis depuis des décennies.

La deuxième raison réside dans le fait qu'il n'existe pas en URSS, comme en Occident, de grandes firmes qui fassent de la recherche pour leur propre compte et qui proposent ensuite leurs produits aussi bien aux civils qu'aux militaires. Autrement dit, il n'y a pas de concurrence. Jusqu'à présent, les firmes qui travaillaient pour les militaires le faisaient à façon, en fonction des besoins propres de l'armée tels qu'ils étaient définis par la commission militaro-industrielle, la fameuse VPK, selon ses critères exclusifs d'objectifs, de fonctionnement et de qualité. Il y a certes des entreprises typiquement militaires, mais on rencontre beaucoup d'entreprises mixtes à dominante militaire ; ce qui permet de dissimuler une partie de cette production. Auparavant, les usines militaires étaient camouflées sous le sigle d'une boîte postale. Maintenant, elles portent tout simplement de paisibles noms civils : Granit, Roubine, Energia, Komposit, etc.

Autre cause : le manque de matière grise disponible pour le civil. Les industries militaires se réservent, bien entendu, les meilleurs savants, ingénieurs et ouvriers, grâce à des salaires plus élevés que dans le secteur civil, salaires auxquels s'ajoutent des gratifications enviables. Pourtant, paradoxalement, les industries militaires connaissent mainte-



nant, elles aussi, un exode de leur élite vers les nouvelles coopératives, où les salaires peuvent être multipliés par deux ou par trois.

La quatrième raison réside dans l'implacable système du secret, qui fait obligation au personnel de ne rien révéler à l'extérieur de la firme qui les emploie, et qui bloque toute diffusion de l'information sur les nouveaux procédés. S'il advient que des innovations soient adoptées, elles ne sont intégrées dans les produits civils que si elles ont d'abord satisfait à une demande militaire, et après un délai, dit de sécurité, de cinq ans.

La cinquième raison réside dans l'adage selon lequel la camelote est toujours bien assez bonne pour le public soviétique. Les entreprises ont, en effet, la garantie que, quoi qu'il arrive, leur production sera toujours acceptée par l'Etat, qui lui-même est pris dans l'étau du Plan. Quant aux fabricants militaires, ils se soucient fort peu des réclamations éventuelles, estimant que leurs produits sont toujours bien assez bons pour le civil ! Il suffit pour s'en persuader de relever dans la presse les sarcasmes dont font l'objet, par exemple, les téléviseurs couleurs, bien connus pour s'enflammer spontanément...

Bref, l'URSS est affligée d'un système industriel à deux vitesses. Tout cela explique que la première étape de la conversion salvatrice ait eu des résultats bien modestes : 1,4 % de moins seulement sur le budget de la défense de 1990. Le gouvernement ne pourra pas, bien entendu, se contenter de cette

faible économie. C'est pourquoi il a décidé d'augmenter de 35 % la production de biens de consommation non alimentaires, c'est-à-dire de 40 milliards de roubles (400 milliards de francs). Ordre a donc été donné, en octobre dernier, aux neuf ministères responsables de la production militaire de faire passer de 40 à 60 % d'ici à cinq ans la part de leur production consacrée aux biens de consommation civils. Ils devront fournir au complexe agro-industriel des équipements et des pièces détachées pour un montant de 17,5 milliards de roubles et créer 3 000 types de techniques nouvelles. 422 entreprises industrielles et 205 grands instituts de recherche militaire ont été lancés dans cette nouvelle voie. Fer de lance de la conversion, l'industrie aéronautique est invitée à exporter technologies et idées dans un foisonnement de projets dont on se demande s'ils sont tous viables.

Tout le monde sait, et le ministre B. N. Beloussov en tête, que la réforme a pour but réel « d'assurer aux forces armées de l'URSS un armement suffisant conforme aux dernières acquisitions de la science et de la technologie ». Autrement dit, la conversion a, entre autres effets, celui de renforcer le monopole militaire, ce qui est un comble ! Et « il en sera ainsi tant que la conversion ne sera pas confiée à des forces indépendantes du complexe militaro-industriel ». C'est ce qu'affirme l'économiste Alexeï Kireev.

Le paradoxe tourne au vaudeville quand les militaires invoquent la conversion pour réclamer à l'Etat des sommes colossales, dont ils n'utiliseront qu'une partie pour le civil, le reste allant à la création ou à la modernisation de nouvelles unités de recherche ou de fabrication, militaires bien sûr. Au II[e] Congrès du peuple, remarque le député G. Filchine, «les militaires ont réclamé 63 milliards de roubles sans même daigner expliquer à quoi ils envisageaient de les affecter ». Le débat qui a suivi a quand même permis d'apprendre qu'ils comptaient en consacrer 9 milliards (90 milliards de F), soit un septième, à la mise en route de nouvelles unités de production destinées au civil. En fait, les militaires sont bien contents de pouvoir enfin se consacrer à la mise au point d'armements sophistiqués de qualité, et non à des grandes séries reposant sur des technologies vieillies.

Obtenir des devises devient une nécessité impérieuse

Dans la pratique, le complexe militaro-industriel utilise le prétexte de la conversion pour "donner" au secteur civil les branches qui ne l'intéressent pas et se concentrer sur la haute technologie. Pas moyen, donc, de se débarrasser vraiment de l'emprise militaire. Par exemple, quand on décide de transformer en coopératives civiles des entreprises jusqu'alors dévolues à la défense, on constate que le ministère de la Défense ne se réservera jamais moins de 30 % des parts.

Destinée en principe à démontrer les bienfaits de la *perestroïka*, la réforme ne fait l'affaire de personne. Ni celle du public, qui, pour le moment, ne voit pas encore les fruits de la reconversion. Ni celle des militaires, qui auront à partager avec les chefs d'entreprise leurs privilèges de décision absolue. Ni celle des ouvriers, qui, dans tous les secteurs reconvertis au civil, vont perdre les salaires exceptionnels que leur consentaient les industriels de l'armement. Ni celle des chefs d'entreprise. Dans l'hebdomadaire *Ogoniok*, le même économiste Kireev, après avoir constaté que le secteur le plus touché par la réforme serait l'industrie aéronautique (plus de 90 % du personnel sont directement affectés à la production militaire), demande s'il appartient vraiment aux industries de défense de se lancer dans la production alimentaire. Si tel est le cas, dit-il en substance, pour intégrer le nouveau programme à la bureaucratie actuelle, il faut de toute urgence créer un "ministère de l'Aviation et des Macaroni", un "ministère de la Défense et des Crèmes glacées" ! Kireev se demande également s'il est bien avantageux de transformer les spécialistes aéronautiques en laitiers et les ouvriers électroniciens en cordonniers ! « Le mieux, estime-t-il avec bon sens, serait de les laisser s'occuper de hautes technologies qu'on transférerait par la suite aux entreprises civiles. » Mais comme les entreprises civiles ne sont pas capables de produire de la haute technologie, on retourne donc à la situation antérieure à la conversion !

A cet égard, l'exemple de l'entreprise Khrounitchev est significatif. Cette firme des environs de Moscou fabrique les fusées Proton (96 % de réussites sur 876 lancements), les stations orbitales Mir et les modules Kvant, tous produits de très haute technologie. Or, la voici maintenant contrainte de fournir annuellement 255 000 bicyclettes pour enfants, 150 000 "hula-hoops", 136 000 autocuiseurs, 50 maisonnettes en bois, 287 000 luges, et 7 000 "coins cuisine" ! Bien plus, le ministère des Machines générales, son ministère de tutelle, lui demande notamment de produire davantage de meubles de cuisine en bois et de monter les chaînes de production en conséquence.

Le comble est sans doute atteint par le NPO Lavotchkine (les initiales russes NPO désignent les entreprises industrielles qui effectuent simultanément de la recherche et de la production), firme que les nouvelles dispositions font brusquement passer de la fabrication de sondes spatiales ultraperfectionnées à celle des abat-jour.

Lavotchkine, qui a donné son nom à la firme, était un constructeur aéronautique. Ses avions furent les premiers en URSS à être équipés de moteurs à réaction et de voilures en flèche ainsi qu'à passer le mur du son. Le palmarès du NPO Lavotchkine est



QUI FAIT QUOI ?

Pour offrir encore plus de chances à la conversion, le Congrès du peuple a réorganisé les sphères de compétences des différents ministères de tutelle liés à la production de défense, leur donnant à chacun sa responsabilité dans une production spécifique :

- Industrie aéronautique : avions, missiles... et vaisselle en aluminium, landaux, luges ; avions Tupolev-204, Illyoushine-114... et robots ménagers.
- Industrie de défense : armement conventionnel... et tracteurs de puissance, wagons, moteurs Diesel, foreuses, vélomoteurs, appareils photos et de cinéma, réfrigérateurs, armes sportives et de chasse, chaînes de transformation de la volaille et de la viande, embouteillage et empaquettage, conditionnement des liquides, équipement pour l'industrie de la bière, des boissons sans alcool, des concentrés, des conserves, lignes de fabrication de sucre raffiné, chaînes d'empaquettage de pommes de terres, de fruits et de légumes.
- Constructions mécaniques générales : missiles balistiques, véhicules spatiaux... et samovars, réchauds à pétrole, machines à coudre, machines à laver, appareillage médical.
- Industrie radio : radars, équipements de communication, lasers, appareillage médical.
- Construction navale : navires, sous-marins... et équipements pour l'alimentation du bétail, équipement pour minoteries, chaînes de transformation des légumes, abattoirs itinérants, technologie des fromageries, technologie boulangère.
- Industrie électronique : composants électroniques, ordinateurs.
- Aviation civile : équipement de support pour l'aviation.
- Télécommunications : télécommunications et équipements de radio, téléviseurs, magnétophones, postes de radio.
- Comité d'Etat pour les techniques et le calcul informatiques : activités relatives à l'informatique.
- Industries chimique et pétrochimique : carburants, propergols... et pneumatiques.
- Industrie électrotechnique et des appareils : matériel informatique, composants électriques.
- Energie et industrie nucléaires : armements nucléaires, matières fissiles.

des plus impressionnants : il a expérimenté des avions cibles, mis au point les missiles sol-air, assuré la défense antiaérienne de Moscou et de Léningrad et fait des recherches sur le vol super- et hypersonique. Mais sa plus grande gloire est d'avoir conçu et réalisé, sous la conduite de Babakine, la série des engins automatiques lunaires et interplanétaires *Luna 8*, *Luna 15* et *Luna 16* — qui se sont posés sur la Lune et ont ramené sur Terre des échantillons rocheux —, les *Lunokhod*, ainsi que les sondes *Mars* et *Venera*. Aujourd'hui, c'est le "NPO Babakine", intégré au "NPO Lavotchkine", qui conçoit et fabrique les engins spatiaux automatisés pour l'exploration du système solaire lointain, telles les futures sondes martiennes de la mission Mars 1994, ou la future sonde jupitérienne *Lomonossov*.

Ces références admirables ne serviront évidemment à rien pour la vente des abat-jour ! L'image de marque n'existe pas, puisque le NPO était ultrasecret jusqu'à une date récente ! « On nous demande de travailler pour le secteur civil et l'étranger afin d'obtenir des devises, nous ont dit les directeurs adjoints Igor Zaïtsev et Oleg Laptev, mais comment prouver à des clients qui n'ont jamais entendu parler de nous que nous possédons un réservoir de matière grise, un savoir-faire et une capacité exceptionnels dans la haute technologie ? »

Dans les faits, de l'avis même des Soviétiques, le

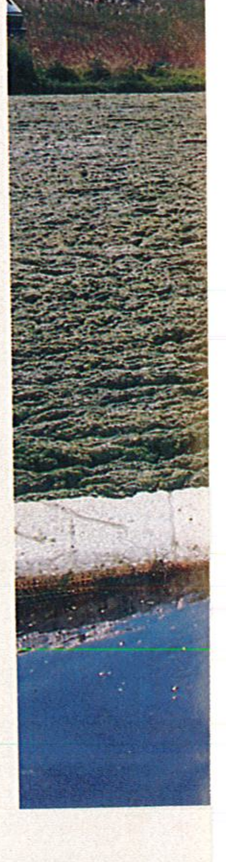
(suite du texte page 173)

Aquaculture

LES ALGUES DU NUCLÉAIRE

L'eau de refroidissement de la centrale de Cattenom, devenue tropicale, était envahie d'algues vertes dont on ne se débarrassait qu'à grand peine, jusqu'au jour où on leur trouva un fructueux débouché.

PAR MURIEL MARTINEAU



Toutes les centrales électriques exigent un important système de refroidissement, ce qui explique leur construction à proximité d'un cours d'eau. A Cattenom, c'est la Moselle qui assure le refroidissement, mais pour rester hors de la zone inondable, la centrale nucléaire, mise en service à la fin de 1986, a été édifiée à 3 km de la rivière. Une retenue a dû être aménagée à côté de la centrale, par barrage du Moselbett, un ruisseau qui se jette dans la Moselle ; ce lac artificiel, dit du Mirgenbach, d'une superficie de 95 ha et d'une capacité de 7,3 millions de m³, permet à EDF d'y puiser à tout moment, si le débit de la Moselle devient insuffisant.

Mais ce réservoir reçoit également les eaux réchauffées de la centrale, il joue donc un rôle de tampon thermique en amont du système fluvial qu'il protège d'un réchauffement. La température de ce lac, rarement inférieure à 8°C en hiver, atteint 25°C à 28°C à la belle saison, ce qui favorise l'eutrophisation du milieu c'est-à-dire la prolifération d'une faune et d'une flore abondantes mais de faible qualité.

Depuis 1988, de fin mai à fin septembre, le lac se couvre d'une couche d'algues vertes (*Hydrodiction reticulatum*) de 15 cm d'épaisseur. En effet, celles-ci se développent particulièrement bien dans les eaux calmes, relativement chaudes, riches en sels minéraux, phosphore, azote, soufre, calcium, potassium, ce qui est le cas du lac du Mirgenbach. Amorcée à 18°C, la croissance de l'algue s'active fortement au-delà de 22°C. Il s'agit d'une croissance très rapide : en phase optimale, la masse est multipliée par deux en une journée.

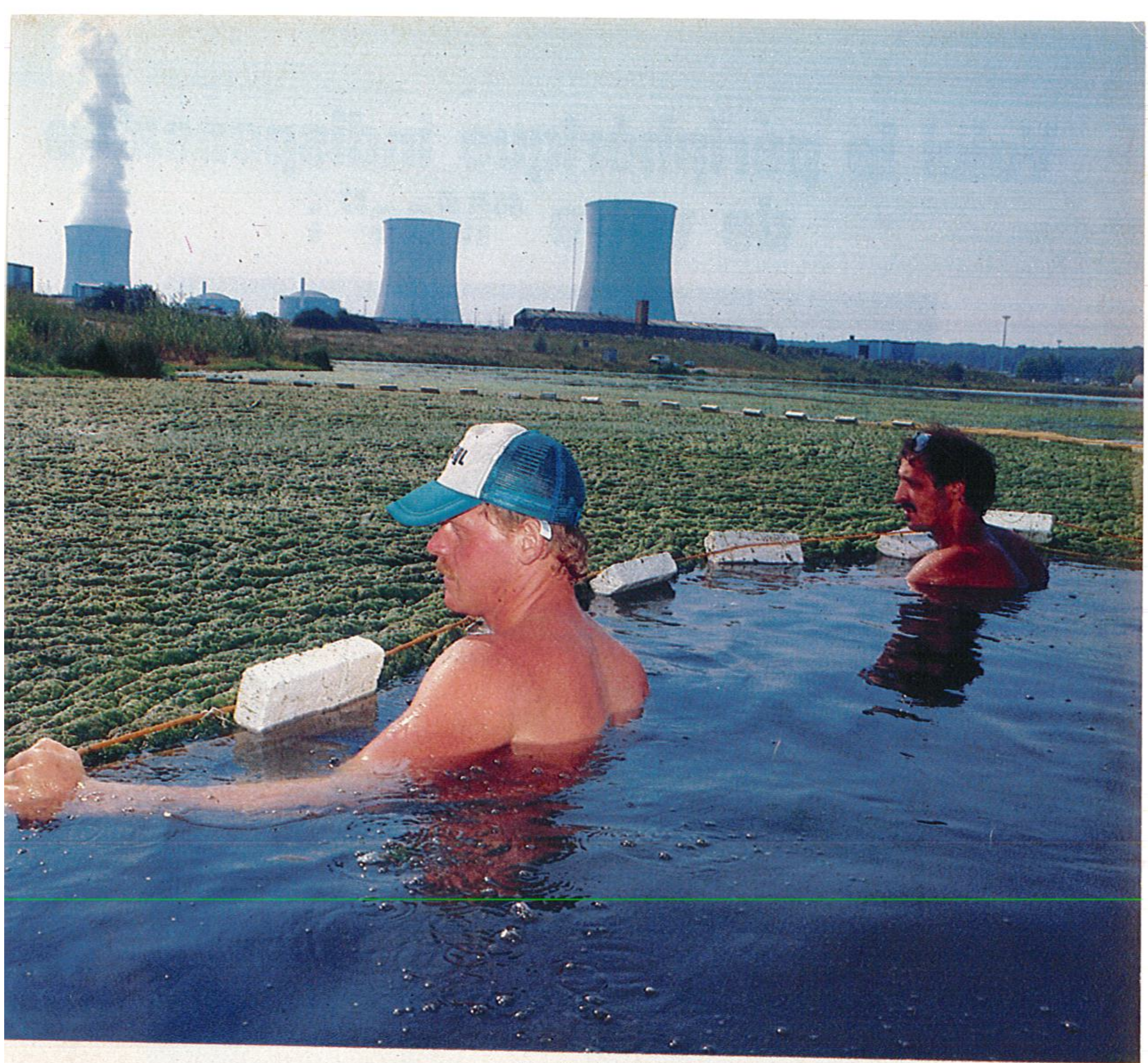
Ces algues risquent de colmater les canalisations de prise d'eau de la centrale, rendant inopérant le système de refroidissement. Il faut donc s'en débarrasser à tout prix. En 1988 et 1989, EDF a payé une entreprise pour draguer et en évacuer en décharge 400 tonnes. Mais en 1989, le laboratoire d'écologie de l'université de Metz, chargé par EDF d'effectuer une étude hydrobiologique du site de Cattenom a eu une autre idée : exploiter commercialement cette nuisance végétale.

Car le rendement en biomasse d'une culture d'algues (10 à 30 tonnes de matières sèches [1] par hectare et par an) est plus élevé que celui de plantes supérieures telles que la luzerne. C'est ce qu'a prouvé, à l'Université de liège, le Pr Sironval, fondateur, en 1980, de la société Bioprex, spécialisée dans la culture des micro-algues ainsi que dans la fabrication et le négoce de produits incorporant ces végétaux ou leurs extraits. Les algues contiennent des protéines, des vitamines, des pigments qui peuvent être utilisés dans l'alimentation animale mais aussi dans la fabrication de cosmétiques, de produits diététiques et de colorants alimentaires.

D'ailleurs, depuis 1989, la centrale de Tihange (en Belgique), avec l'aide de Bioprex, valorise ses eaux chaudes en développant — outre la pisciculture et l'horticulture — la culture des algues bleues (*Spirulina platensis*).

Sa richesse en minéraux (5 % de calcium, 3 % de potassium) et sa bonne teneur en protéine (14 à 20 %) font de l'*Hydrodiction reticulatum* un com-

(1) Les algues fraiches essorées sont composées essentiellement d'eau : la matière sèche ne représente que 20 % de leur poids.



La récolte de l'algue envahissante. D'abord concentrée sur une partie du lac à l'aide de filets flottants de 40 mètres de long, l'*Hydrodiction reticulatum* sera ensuite retirée avec une pelleteuse.

plément de choix pour la nutrition animale : sous forme de poudre sèche, elle convient en particulier à l'alimentation des poissons d'ornement et des poulets de chair pour lesquels elle remplace avantageusement le soja et le calcium ; mélangée à la nourriture des poules pondeuses, elle renforce la solidité des coquilles. Sous forme d'extrait alcoolique asséché (appelé résinoïde), l'algue est utilisable comme constituant de shampooing et de bain moussant.

En juillet 1990, la centrale de Cattenom a chargé Bioprex de débarrasser la retenue de l'algue verte. Cette société a également réalisé une installation pilote destinée à déterminer sur le terrain les conditions techniques (récolte, séchage, traitement) et économiques de mise en place d'une société d'exploitation. On prévoit alors un rendement de 72 tonnes de matières sèches pour l'année, soit un potentiel de 14,4 millions de litres de shampooing (pour 1 kg de matière sèche, on obtient 40 g de résinoïde qui entrent dans la composition de 200 litres de shampooing).

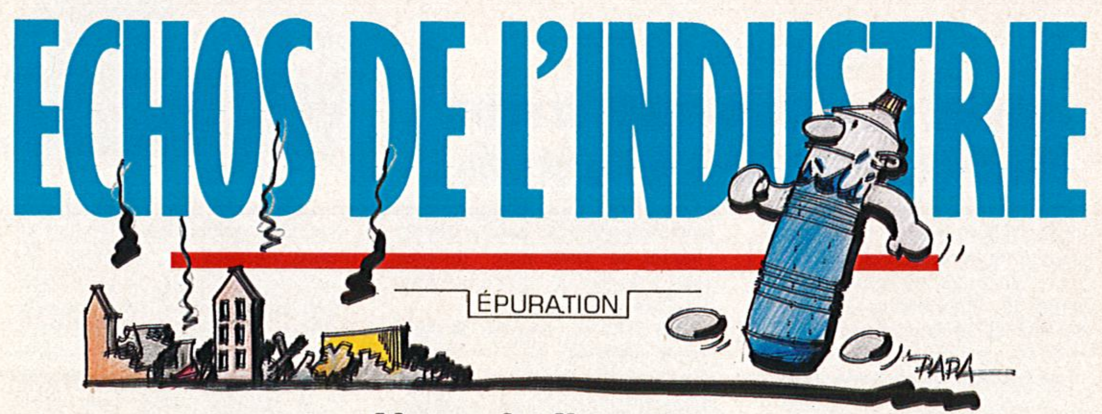
En 1991, une entreprise française d'une vingtaine de personnes devrait donc être créée sur le site de Cattenom, pour préparer à partir de l'*Hydrodiction* des produits à haute valeur ajoutée. Des discussions sont engagées avec des investisseurs connaissant le marché des cosmétiques et de l'alimentation animale.

D'autres projets sont à l'étude pour la valorisation des eaux chaudes du lac du Mirgenbach : pisciculture, culture de daphnies, horticulture, chauffage de piscine...

Voilà qui devrait inciter à la construction de bassins de refroidissement près des autres centrales. Cela présenterait le double avantage de permettre une production commercialisable et de ne pas asphyxier les cours d'eau par élévation de leur température.

Muriel Martineau

ECHOS DE L'INDUSTRIE



L'eau de l'urgence

Lorsqu'une catastrophe naturelle se produit, tremblement de terre, inondations, etc., les systèmes d'alimentation en eau potable sont soit détruits, soit fortement endommagés, désorganisés et pollués. L'eau est ainsi le premier élément vital qui fasse défaut.

L'Aquachoc, conçu par la Lyonnaise des eaux-Dégrémont, après consultation de la direction de la Sécurité civile et de Médecins sans frontières, permet de faire face aux tous premiers besoins des populations sinistrées. Cette mini-usine, transportable partout, peut produire cinq litres d'eau potable par habitant et par jour, pour 4 000 habitants au maximum.

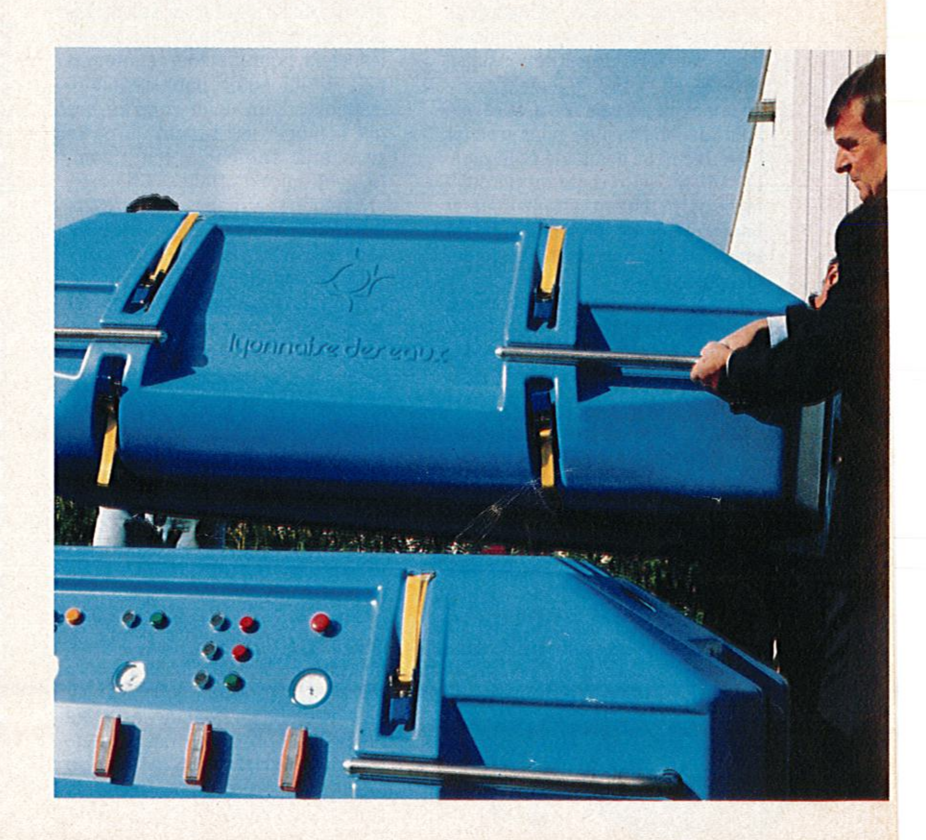
On a en effet constaté que ces cinq litres correspondent aux besoins quotidiens d'un individu, en période de crise, c'est-à-dire pendant une petite semaine. Ces quelques jours de répit permettent d'organiser rationnellement l'alimentation en eau, les besoins de "confort" des populations passant d'abord à environ vingt-cinq litres par habitant et par jour, puis à quarante litres deux semaines après la catastrophe.

Cette mini-usine est tout d'abord compacte, mobile et maniable. On peut la transporter par avion, hélicoptère ou à l'arrière d'une camionnette, son encombrement ayant été réduit à 2 m de long pour 1 m de large et 1,50 m de haut. Elle est composée de deux éléments dissociables, de forme oblongue, d'environ 200 kg chacun. Pas besoin d'engin de manutention : 4 à 6 personnes peuvent ainsi la transporter.

Ensuite, Aquachoc est autonome. En effet, elle utilise la technique des membranes d'ultrafiltration, qui évite l'emploi de produits chimiques et ne nécessite pas d'adapter le traitement à la qualité de l'eau brute. Installée en une heure, elle peut donc être mise en service par un non spécialiste.

Enfin, elle peut produire de l'eau potable à partir d'eaux très polluées (par les polluants les plus divers, que l'on ne parvient pas toujours à identifier), car ses membranes constituent des filtres absolus qui retiennent matières en suspension, bactéries et virus. Si bien que la dose de chlore nécessaire à la désinfection finale peut être considérablement réduite.

Dès le début de 1991, deux unités Aquachoc pourront être acheminées sous quarante-huit heures dans les zones brutalement sinistrées (Lyonnaise des eaux, Direction de l'eau, 52 rue de Lisbonne, 75008 Paris, tél. : (1) 40 75 70 00).





COMMUNICATION

Restez disponible même si votre téléphone est collé à votre oreille...

Par l'abus qui en est fait, le téléphone, d'abord outil de la communication rapide et du contact facile, de l'ouverture immédiate sur le monde, de l'information en temps réel et de la décision instantanée, a perdu ses qualités premières.

Les bavards impénitents, ceux qui confondent contact téléphonique et réunion de travail, ceux qui l'utilisent parce qu'ils ne savent pas s'exprimer par écrit, ceux, en un mot, qui par son intermédiaire, s'installent dans votre bureau sans y avoir été invités, tous ceux-là qui dévorent votre temps et vous coupent du monde extérieur, ont transformé les qualités d'origine de cet outil de travail en des défauts symétriquement opposés.

L'appel téléphonique est devenu synonyme d'impossibilité à joindre un interlocuteur toujours en ligne ; de contacts perdus pour ce dernier ou retardés du fait de la lassitude de celui qui appelle ; d'irritations suscitées par ces interminables attentes sur fond de petite musique, surtout et paradoxalement lorsqu'une voix enregistrée assure que l'on fait l'impossible pour trouver l'interlocuteur demandé et le répète sans fin, au rythme du déroulement parfaitement automatique et impersonnel de la bande sonore branchée par une standardiste qui disparaît aussitôt...

Le téléphone s'est ainsi souvent transformé en gêne et en contrainte, au point qu'il apparaît à certains qu'il freine et entrave la productivité du travail. Cette philippique en guise de préambule pour souligner l'intérêt du "Data Mate", un nouveau système de communication parallèle au téléphone.



Data Mate se compose de deux postes compacts (217 × 182 × 65 mm) qui se branchent sur une simple prise de courant et sont alternativement émetteur et récepteur. Celui du secrétariat comporte un clavier type machine à écrire et une fenêtre d'affichage à cristaux liquides. Le poste "manager" comporte cette même fenêtre mais en plus une calculatrice, un affichage date et heure, une connexion pour imprimante et surtout dix touches correspondant à des réponses-type pré-programmées.

Qu'il soit en ligne ou en réunion, d'un seul coup d'œil et de façon strictement confidentielle, le "manager" est informé : une visite, un appel urgent, un rendez-vous décalé, tout s'affiche sur son écran, plus rien ne lui échappe, il a toutes les clefs pour décider en temps réel. Il lui suffit pour répondre d'appuyer d'un doigt sur l'un des dix boutons : sur l'écran du poste secrétariat s'affichera "oui", "non", "à quel sujet ?", "faites attendre", etc. Aucune autre personne présente dans la pièce ne peut voir le message transmis ni la réponse donnée.

Cette confidentialité est importante pour tous, mais particulièrement pour les professions libérales, médecins, avocats, etc., qui ne peuvent être dérangés lorsqu'ils sont en consultation mais qui ne peuvent non plus laisser se perdre l'information, qui est en quelque sorte la matière première avec laquelle ils travaillent.

Lorsque le responsable s'absente, il peut connecter une imprimante sur son appareil. Elle notera l'heure et l'objet des appels, des visites ainsi que les informations que le secrétariat aura jugé bon de lui transmettre. Là encore, il sera prêt, dès son retour, à (ré)agir au plus vite. Et le système est plus rapide, plus propre et plus sûr, que les petits papiers-messages qui se mélangent et s'envolent.

Le système apporte aussi une véritable gestion des communications. Ce peut être la source d'économies notables : si un correspondant japonais vous appelle, mieux vaut sans doute interrompre votre conversation en cours pour le prendre plutôt que d'avoir à le rappeler... Data Mate brise enfin ce paradoxe qui fait que le téléphone vous permet, certes, d'être connecté avec le monde entier, mais que lorsque vous téléphonez, vous n'êtes là pour personne...

Chaque poste de secrétariat gère six postes manager, chacun ayant son propre code. Le système Data Mate coûte 3 780 F HT, le poste supplémentaire 1 850 F HT et l'imprimante 1 215 F HT. Renseignements : Groupe Bisset, 112 quai de Bezons, BP 112, 95103 Argenteuil, tél. : (1) 34 23 47 47.

Des usines ne retirant rien du milieu ambiant et n'y rejetant rien, c'est possible si la protection de l'environnement fait partie intégrante de la conception des bâtiments industriels, c'est ce que tentera de prouver le colloque "Les bâtiments industriels et la protection de l'environnement", organisé le 24 janvier 1991 par Batimat Industrie (Parc des expositions de Paris-Le Bourget).

Ils prolifèrent si rapidement qu'ils vont plus vite que leur ombre... Ils existent, puisqu'ils se réunissent en congrès, mais on ne sait ni ce qu'ils font, ni exactement de quelle mission ils sont investis. On en "épingle" un, on le nomme, et, pffftt, voilà que l'appellation ne convient plus, qu'elle ne rend pas compte de ses larges compétences, de son vaste territoire d'action. Pour l'instant, en France, le dernier titre à la mode c'est "dircom", pour directeurs de la communication. Aux Etats-Unis, on les appelle, au choix, RP, Relex ou PR. Au Québec, ils deviennent des "relationnistes". On suggèrerait bien "communicateurs", c'est ce qu'ils font, même si leur profession a des contours plutôt vagues. Mais "communicateur" cela évoque un régime et un tyran de triste mémoire...

Translucides ou opaques, selon votre désir





Pour sauvegarder le secret et l'intimité d'un local ou agrandir la perspective en rendant à volonté son environnement visible, on ne connaissait encore que ces solutions "étriquées" que constituent les portes pliantes, cloisons accordéon ou stores vénitiens. Désormais, il y a mieux, beaucoup mieux, avec le verre "Priva-lite": une simple poussée sur un contact et le vitrage, d'opaque, devient transparent; et de transparent, opaque. Un seul geste suffit donc pour changer de décor, agrandir une pièce, ou la protéger des regards indiscrets.

Le Priva-lite fait appel à la technologie des cristaux liquides. C'est un vitrage feuilleté composé de deux glaces en verre durci, entre lesquelles est placé un film emprisonnant de minuscules gouttelettes de cristaux liquides. Les deux faces vitrées sont recouvertes d'une couche métallique transparente conductrice de l'électricité. Ces deux couches sont reliées à un conducteur qui permet de connecter le vitrage à une alimentation électrique.

Dès lors, lorsque le Priva-lite n'est soumis à aucune tension électrique, les cristaux liquides ne sont pas alignés et leur position désordonnée diffuse la lumière dans toutes les directions. Le vitrage est alors d'un blanc laiteux et opaque à la vision.

En revanche, dès l'instant où un champ électrique est établi entre les deux couches métalliques, les cristaux s'orientent et s'alignent. Le vitrage devient parfaitement clair. Le passage de l'état opalin à l'état transparent est quasi instantané et peut se répéter autant de fois qu'on le désire.

Habitat, bureaux, commerces, centres de soins, etc.: le Priva-lite semble promis à un bel avenir. Le produit a été mis au point par les Glaceries de Saint-Roch. Pour tout contact: Caroline de Penter, WTC, 1 bd Emile Jacqmain 162-B48, B12-10 Bruxelles, tél.: (19) (41) 32 22 11 60 79.

Nouveau système de mélange et de distribution de produits à deux composants, résines polyester, colles epoxides, peintures, vernis, lubrifiants, solvants, colorants, etc. Le "Tridak 1550" est constitué de deux cylindres parallèles — dont les surfaces des pistons sont fonction des proportions désirées pour le mélange (de 1/1 à 1/20) — aspirant directement les deux produits dans leurs conditionnements (Epotecny, 10 impasse Latécoère, 78140 Vélizy, tél.: (1) 39 46 69 34).

L'audit environnement sera dans quelques années devenu aussi banal que l'audit financier annonce la firme Allied-Signal, qui s'est spécialisée dans cette activité, avec, à son actif, déjà plus de 500 audits. Elle propose d'exposer son expérience et ses conseils pratiques en matière d'environnement, de santé et de sécurité, au cours d'une conférence, les 29 et 30 novembre à Bruxelles (Allied-Signal Europe, av. Louise, Boîte 4, B-1050 Bruxelles, tél.: (19) (41) 32 26 47 73 00).

ECOTOXICOLOGIE

Voici les dégraissants biodégradables et recyclables

Le tétrachlorure de carbone et le trichloro 111 éthane sont deux solvants chlorés largement utilisés dans le nettoyage à sec ainsi que dans les opérations de dégraissage en phase vapeur ou à froid. Comme les CFC (chloro-fluoro-carbones), ils sont fortement halogénés. Or, sur les 45 000 tonnes consommées chaque année par la France (dernier chiffre connu), à peine 20 % seraient retraités, malgré la réglementation qui veut que les résidus de ces produits soient enlevés par des sociétés spécialisées. 80 % seraient donc rejetés en l'état dans la nature, soit par évaporation, soit par rejet direct dans la terre ou dans... les réseaux d'assainissement ! Le coût d'enlèvement par les sociétés spécialisées n'incite pas, il est vrai, à améliorer les choses : il faut compter jusqu'à 4 F par kilogramme, ce qui représente plus de 50 % du prix moyen du trichloro 111 éthane !



Dans ces conditions, c'est une première mondiale de taille qu'annonce la société CITT Diffusion avec la naissance des "Biosanes", les premiers dégraissants à froid biodégradables.

Disons d'abord que, bien sûr, les Biosanes sont efficaces. Leur pouvoir solvant est équivalent voire supérieur à celui du trichloro 111 éthane et leur vitesse d'évaporation est de 20 % plus élevée que celle de ce même produit.

Mais, surtout, ils ne sont pas toxiques pour l'homme. Ils sont dépourvus non seulement de solvants chlorés, mais aussi d'hydrocarbures et de solvants aromatiques. Au point qu'ils peuvent être en contact occasionnel avec des aliments et qu'ils peuvent même être évacués dans les réseaux d'assainissement sans aucun risque pour l'environnement. Le Laboratoire central de l'eau, qui contrôle, entre autres, les stations d'épuration le confirme après moult études, tests, mesures et vérifications dont on imagine combien elles peuvent être scrupuleuses — tous ces tests de biodégradabilité ont été effectués selon les normes AFNOR, OCDE et ISO.

CITT garde bien sûr jalousement le secret sur les formules de ses produits : la concurrence est là... Elle se contente de dire que leur « formulation est associée à des composés naturels, telle que la chlorophylle, ainsi qu'à des huiles essentielles, ce qui lui confère une odeur agréable, non entêtante », et qu'ils ne contiennent « ni hydrocarbures, ni produits aromatiques, ni produits chlorés, ni produits chimiques nauséabonds ». Malgré ce légitime goût de secret, on semble pouvoir faire confiance aux Biosanes, selon les résultats de tests et d'analyses qui nous ont été fournis. En même temps que ces premiers produits spécialisés, CITT présente des distillateurs autonomes (***photo ci-contre***) qui permettent la régénération, à 99 %, des Biosanes utilisés. Leur capacité est de 12 à 200 l/h. Leur faible coût d'achat fait que leur investissement est amorti en quelques mois. Ces distillateurs recyclent les Biosanes et suppriment à leurs utilisateurs le difficile et coûteux parcours du retraitement (légalement) obligatoire des solvants traditionnels. Pour tout renseignement : CITT Diffusion, 13520 Maussane, tél. : (16) 90 92 44 44.

FLEURS

Des bouquets dans des distributeurs automatiques



Le Japon est en train de fleurir de distributeurs automatiques un peu particuliers, puisqu'ils délivrent des fleurs coupées fraîches.

Ces distributeurs envahissent gares, aéroports, supermarchés, hôpitaux, stations-service, restaurants, librairies, etc., de tout l'archipel. Un raz-de-marée tel que personne n'aura plus, au Japon, d'excuse à arriver à un dîner les mains vides. Chaque machine contient 58 bouquets vendus entre 1 500 et 10 000 yens (55 à 360 F) et voit ses fleurs changées tous les trois jours.

Cette initiative répond à la pénurie de fleuristes, au coût des fonds de commerce devenu exhorbitant pour ce type d'entreprises essentiellement peu "capitalistique" et au boom que connaît actuellement, au Japon, le marché des fleurs coupées, avec un chiffre d'affaires annuel d'environ 20 milliards de F.

Le distributeur est fabriqué par la "maison de commerce", la firme d'import-export la plus importante du Japon, C. Itoh and Co, et il a été conçu par une équipe entièrement féminine, qui a collaboré, pour la mise au point technique, avec un fabricant de distributeurs et une société d'horticulture.

INVENTION

Le papillon adhésif a fait fortune malgré le marketing

Qu'est-ce qu'une grande invention ? Une théorie fondamentale destinée à bouleverser le monde, ou un petit "truc" dont on ne peut plus se passer ? La relativité générale ou la fermeture Eclair ?

Si l'on penche pour la deuxième réponse, Art Fry est un grand inventeur puisqu'il a conçu et mis au point le fameux papillon adhésif "Post-it" qui fête, cette année, ses 10 ans. C'est le plus beau succès commercial de la société 3M (inventeur du ruban adhésif Scotch, et qui s'y connaît pourtant en fait de succès). Le chiffre d'affaires du Post-it est supérieur à celui des rubans adhésifs de toutes sortes ; rien qu'en France, plusieurs centaines de millions d'unités sont vendues chaque année.

L'idée d'Art Fry est née à l'église nord presbytérienne de St Paul, dans le Minnesota ! Il avait l'habitude de marquer les hymnes du jour dans son livret de psaumes à l'aide de petits morceaux de papier. Mais, la plupart du temps, ces signets tombaient, « et je me suis tout à coup souvenu, dit-il, d'un adhésif qu'avait découvert, quelques années auparavant, le Dr Spencer Silver de la société 3M. »

La colle utilisée avait un faible pouvoir adhésif, suffisant cependant pour permettre à un morceau de papier d'être collé et décollé à volonté, sans laisser aucune trace. Ironie du sort, le Dr Silver avait découvert cette colle plus qu'accidentellement, puisqu'il menait alors des recherches sur les colles... très fortes.

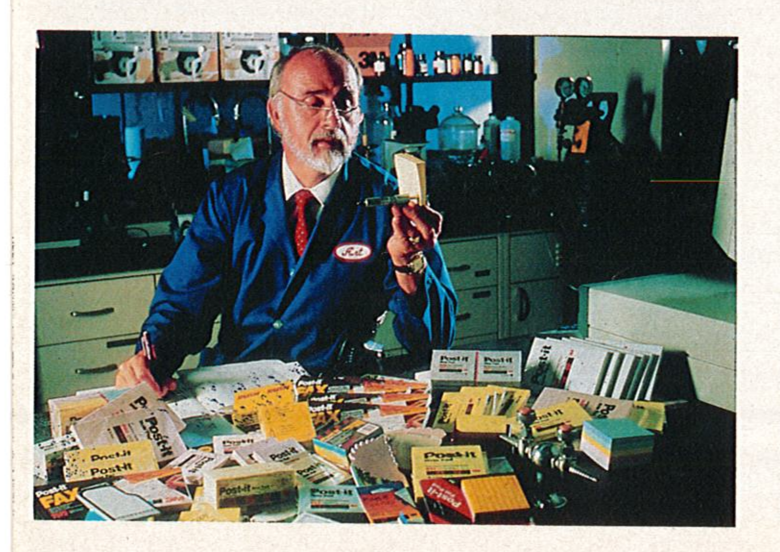
C'est dans la plage des 15 % de temps libre que 3M laisse à ses scientifiques pour "chercher" sur les sujets qui les intéressent que Art Fry mit au point son produit. Il lui fallut un an et demi. Le papier nécessitait de multiples traitements et la couche d'adhésif devait être suffisamment fine pour éviter qu'elle épaississe excessivement le papier, lorsqu'il était présenté en bloc.

Restait à convaincre les services marketing et, dit Art Fry, « ce fut le plus dur ». Car, pour eux, l'idée ne présentait aucun intérêt, puisqu'elle ne répondait à aucun besoin exprimé du marché existant !

Il trouva la solution pour sortir de cette impasse. Convaincu que toute personne qui recevrait un bloc de feuilles saurait exactement comment l'utiliser et en apprécierait immédiatement l'intérêt, il obtint qu'on distribue des échantillons à un grand nombre de consommateurs, dans différents Etats américains. Résultat : 90 % d'intentions d'achat. Le marketing n'avait jamais vu cela.

La morale de cette histoire, on la trouve dans des paroles que le père d'Art Fry adressa à son fils lorsqu'il rentra chez 3M : « Comme ingénieur chimiste tu seras amené à vendre tes idées à des gens sur lesquels tu n'auras aucune autorité ». L'expérience a bien montré que le plus compliqué n'est pas d'inventer, même dans une firme dont la vocation est le lancement de produits nouveaux, mais de se faire écouter et de convaincre.

(1) Art Fry, après 35 ans de carrière, est toujours employé chez 3M, au plus haut degré de la hiérarchie scientifique, là où l'on est libre de ses recherches et où les crédits demandés sont octroyés de façon illimitée.



GESTION

Chut !

"Responsable de la confidentialité" est une nouvelle fonction à créer dans les entreprises, estime un dirigeant du Conseil national du patronat français (CNPF). Parce que la concurrence est à l'affût de tous les renseignements (un renseignement est une information qu'on peut utiliser) et que l'état de guerre économique va jusqu'à la destruction d'autrui.

A surveiller en tout premier lieu : les journalistes. « Il convient de gérer sa communication, afin de ne livrer que ce que l'on veut bien. » Information orientée, publicitaire, voire désinformation : on ne le dit pas vraiment, mais il semble que l'on n'ait vraiment rien contre...

Concernant le personnel de l'entreprise, on étudie la création d'un test "d'aptitude à la confidentialité", autrement dit de capacité à tenir sa langue ou à l'orienter dans le bon sens. Un test de plus pour les candidats à l'emploi ! Aucun poste ni fonction ne serait épargné, mais en tout premier lieu, ce sont les secrétaires qui sont visées : par elles passe toute l'information de l'entreprise.

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, *les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o* Science & Vie, *1 rue du Colonel Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

DE L'ESPACE POUR LES ENFANTS

Quoi ?

Un jeu collectif d'extérieur pour enfants. Il utilise l'Espace — cette épopée des temps modernes à laquelle ils sont particulièrement sensibles — pour stimuler leurs capacités physiques et intellectuelles et favoriser le développement de leur imagination.

Comment ?

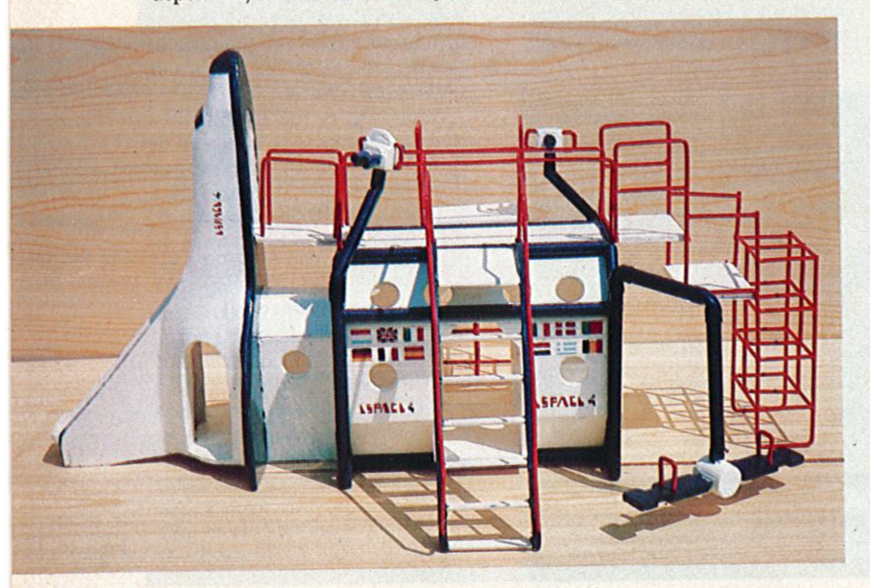
Ce jeu est une station spatiale modulaire qui se compose d'éléments complémentaires et interchangeables. Autour du module central, prennent place : la navette-toboggan, la cage à écureuils, le satellite balançoire, l'échelle, la passerelle, les barrières de sécurité, les appareils de visée.

Puisqu'il s'agit d'une construction modulaire, à structure évolutive, les différents éléments peuvent être achetés séparément.

Grâce à ce jeu, les enfants se dépensent, comme avec tout jeu d'extérieur, et exercent leur coordination motrice (grimper, escalader, etc.) Mais leur habileté et leur motricité "fine" sont aussi sollicitées : des appareils de visée à manœuvrer, des boutons à presser ou à tourner près des ouvertures, de faux claviers d'ordinateurs contituent une véritable gymnastique intellectuelle et un apprentissage à la vivacité et au contrôle des gestes. L'écrit peut aussi être incorporé dans le jeu, par exemple sous la forme de moulages et d'incrustations de sigles, de symboles, de chiffres, de mots et de phrases. Enfin, le jeu éveille l'esprit créatif, les enfants pouvant imaginer toutes sortes de situations. Et, par là, il favorise l'expression et les relations sociales.

Pour qui ?

L'inventeur souhaite éveiller l'intérêt d'un financier et d'un industriel à son projet.





GOLF : LES ACCESSOIRES SONT DANS LA POCHE

Quoi ?

La PAG (Poche accessoires de golf) simplifie la vie du golfeur. Plus de recherche des tees, du crayon, de la carte de score, de la serviette pour nettoyer le club après un coup exécuté dans de mauvaises conditions : tout est dans la poche, enfin dans la PAG.

Comment ?

Peu encombrante, la poche contient trois tees, un relève-pitch, nécessaire pour réparer le green lorsque l'impact de la balle l'a endommagé et un crayon pour noter le score. Sur le côté est disposée verticalement une bande Velcro où s'accrochent le gant, lorsqu'il n'est pas nécessaire de l'utiliser, et la serviette. On peut également inclure dans cette poche divers papiers : carte de handicap, licence de golf, assurance... et même une balle.

La PAG se porte tout simplement en mettant la patte de fermeture entre le polo et le pantalon, juste après la hanche. Rien à craindre, ça tient, le fabricant-inventeur assure « si vous ne perdez pas votre pantalon, vous ne perdrez pas la PAG »... En tissu enduit de PVC bleu marine, la poche est résistante et s'utilise en toute saison.

Pour qui ?

Le créateur cherche des partenaires distributeurs, pour la France comme pour l'étranger.

GRANDS PROJETS

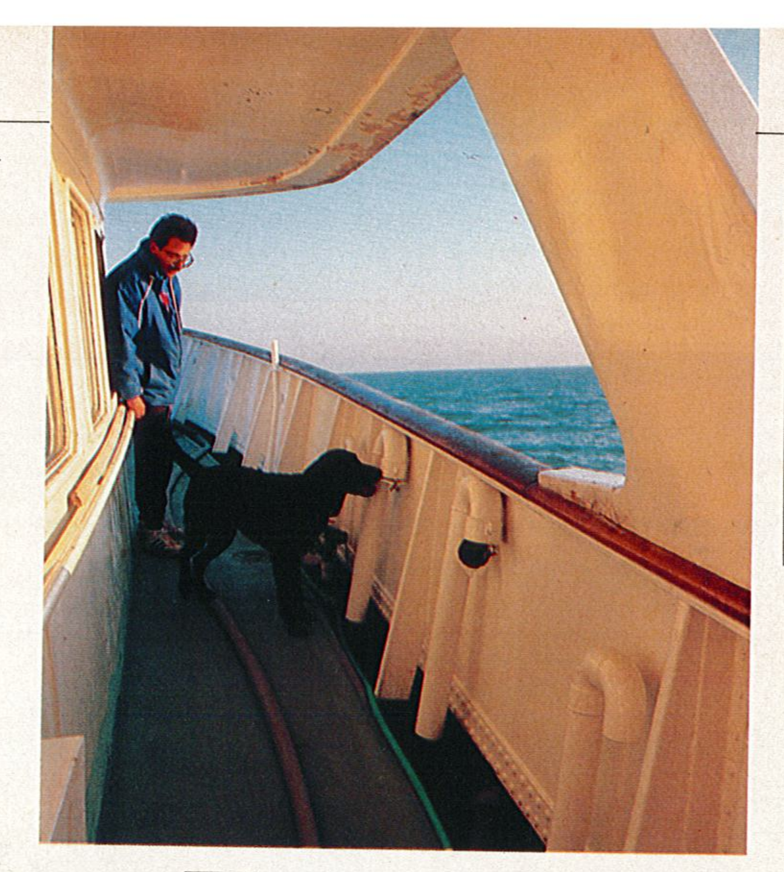
L'Archimium : que la chimie est une belle chose !

Les responsables de la mairie de Saint-Fons, dans le Rhône, l'un des premiers sites où s'implanta l'industrie chimique au XIXe siècle, ont l'ambition de transformer l'image négative, tant sur le plan de l'esthétique que sur celui de l'environnement, qui est celle du "couloir de la chimie" en celle plus positive et attractive de "Chimie Rhône vallée".

Comment ? En bâtissant l'"Archimium" (pour Archimède et chimie), premier centre culturel, industriel et scientifique au monde consacré exclusivement à la chimie et à l'industrie. Un projet dont Jean-Marie Lehn, prix Nobel de chimie, a accepté de présider le comité scientifique. L'Archimium doit comporter trois volets :

- La présentation au public de la manière dont une science se constitue et ouvre très rapidement un nouveau champ de savoir et d'application pratique ou industrielle; ainsi que, à travers l'histoire de la chimie, des rapports qu'entretiennent science et société, l'accent étant mis sur les conséquences économiques et sociales que suscite un développement aussi rapide.
- Une fondation pour la recherche, car si les jeunes (de 7 à 11 ans) se passionnent pour tout ce qui concerne la matière et le vivant, cet intérêt se perd au cours des études secondaires. Cette fondation devra définir des méthodes et des programmes innovateurs par l'enseignement de la chimie dans le second degré.
- Un lieu de rencontres pour universitaires et industriels qui leur permettra de recevoir leurs clients dans un cadre particulièrement approprié et prestigieux.

Il reste encore quelque 300 millions de francs à trouver pour inscrire l'Archimium dans la réalité. Le travail qui a été effectué en seulement deux ans ainsi que l'accueil réservé par les uns et les autres au projet montrent que cela n'a rien d'impossible.



CHIENS DE DROGUE

Pustoche-Darwin marquent un point sur Guichou-Nil

Dans l'article que nous avons consacré aux chiens de drogue de la douane (*Science & Vie* n° 877, octobre 1990), nous avons parlé du chien "marin" Darwin, un petit caniche, qui fait équipe avec le douanier Pascal Pustoche et passe à Brest le plus clair de son temps à aller inspecter bateaux et vedettes (***photo ci-dessus***).

Darwin vient de réussir un formidable "coup". Il a permis la saisie sur le *Samarkand*, un ketch hollandais de 15 mètres, de deux tonnes de haschich, une cargaison en provenance du Maroc ou du Liban, estimée à quelque 700 millions de F. La drogue était cachée dans la cuve à gas-oil, dont les trafiquants étaient persuadés que l'odeur serait si forte qu'elle masquerait celle du cannabis.

L'équipe Pustoche-Darwin fait ainsi tomber un record jusqu'ici détenu par l'équipe Guichou-Nil. Cette dernière n'avait trouvé "que" 700 kg de drogue en une seule prise — mais elle conserve son autre record : plus de 600 prises.

Il nous faut préciser à ce sujet, sur les vives demandes de la douane et de son maître, que Nil n'est ni impotent, ni gâteux, ce que pouvaient laisser entendre une lecture et une compréhension hâtives des quelques mots que nous avons publiés sous sa photo. Nil coule simplement une vie de retraité près de son maître qu'il n'a jamais quitté.

Concernant les formidables capacités olfactives du chien, que vient d'illustrer Darwin, la Sécurité civile des Hautes-Alpes, qui forme des équipes cynophiles de recherche et de sauvetage, ("chiens de décombres", notamment), nous informe de différentes expériences qu'elle a effectuées. Selon elle, un chien est ainsi capable de détecter 1 g de sel de cuisine dissous dans 1 000 l d'eau, alors que l'homme ne sent strictement rien. Il peut également reconnaître 1 g de sang ou de sueur dissous dans 1 000 m^3 d'eau ou encore 3 cm^3 d'ammoniac dissous dans 1 milliard de m^3 d'eau. ■


TOUTE LA JOURNÉE,
LA CHALEUR EST AU RENDEZ-VOUS SUR RMC
YVES
MOUROUSI
8 h 15 - 8 h 30
LAURENT
CABROL
8 h 30 - 11 h
LE DOND


LINTAS:PARIS
CHRISTIAN
MORIN
11 h - 12 h
PATRICK
ROY
16 h - 18 h
RMC
RADIO MONTE-CARLO
U SOLEIL



PAS DE TECHNOLOGIE DANS LES CARTABLES

*La technologie s'enseigne désormais dans toutes les classes du collège. Rien n'a été négligé pour en faire une discipline fondamentale : près de 14 000 professeurs formés, tous les collèges dotés de crédits d'équipement... Pourtant, les éditeurs scolaires * la boudent. C'est dire si elle reste peu considérée.*

PAR ISABELLE BOURDIAL

Cette année scolaire voit la fin de la reconversion des professeurs d'éducation manuelle et technique (EMT) en professeurs de technologie. Ainsi s'achève à point nommé — il coïncide avec la suppression de la physique en classes de sixième et cinquième — un grand mouvement de formation. Ce plan de reconversion, amorcé en 1986, a concerné près de 90 % des 14 000 enseignants d'EMT; un record !

Remplacer une matière scolaire par une autre n'est pas une mince affaire. Dans le cas présent, il s'agit aussi de donner à cette nouvelle discipline un statut comparable à celui des mathématiques ou du français : c'est sur la technologie et la biologie que repose désormais l'initiation des plus jeunes collégiens aux sciences expérimentales. Le ministre de l'Education nationale n'a-t-il pas précisé en août dernier que l'enseignement de ces disciplines convenait mieux à des enfants de cet âge que la physique et la chimie ? Mais si la suppression de ces deux dernières matières des programmes de sixième et de cinquième trouve probablement ailleurs son origine [1], la technologie bénéficie à cette

occasion d'une formidable reconnaissance des instances officielles.

De fait, les moyens mis en œuvre pour son instauration et sa promotion dénotent un réel souci de lui donner ses lettres de noblesse. Pour cela, on n'a pas lésiné sur les moyens. Passer de la pratique du rotin ou de la recette des crêpes à l'élaboration d'un circuit électronique, autrement dit des travaux manuels à la technologie, exige une formation approfondie d'autant plus délicate à mettre en œuvre que le corps enseignant d'EMT se caractérise par une grande hétérogénéité. Constitué aussi bien de professeurs certifiés titulaires du CAPET B ayant reçu une authentique formation de technicien que de maîtres auxiliaires possédant quelques compétences artistiques, il comprenait aussi des adjoints d'enseignement et d'anciens instituteurs PEGC (professeurs d'enseignement général des collèges) dont la formation bivalente comprenait une spécialisation en travaux manuels. Plusieurs réformes allaient progressivement introduire des notions techniques dans leur enseignement. En 1975, le changement d'intitulé de cet enseignement, qui de TME (travaux manuels éducatifs) devint EMT (enseignement manuel et technique) ne se limita pas à une simple permutation de lettres. Chaque activité donnait désormais prétexte à une étude technique : un cours théorique sur les textiles pouvait ainsi accompagner les travaux de couture.

Mais la technologie ne fut réellement enseignée dans la filière classique qu'à partir de 1980 en quatrième et en troisième, de façon optionnelle. L'arrêté du 14 novembre 1985 allait rendre cet enseignement obligatoire, et l'étendre à toutes les classes du collège. Tous les professeurs d'EMT eurent donc la possibilité de retourner étudier sur les bancs de l'école pendant un an. Eurent-ils vraiment le choix ? Quelques-uns dénoncèrent une rupture de contrat et quittèrent l'Education nationale. La majorité d'entre eux se remit toutefois aux études. Il fallait aussi doter les collèges de l'équipement nécessaire : chaque établissement se vit allouer un budget d'équipement de l'ordre de 200 000 F.

Progressivement, les professeurs formés reprirent donc leurs services et, en 1991, tous les collégiens sans exception étudieront la technologie. Mais le miracle n'a pas encore eu lieu. Cette discipline reste et restera encore pendant longtemps une discipline secondaire. Tel est du moins l'avis des éditeurs, qui ne manquent pas de flair en la matière. Alors que quinze, vingt maisons d'édition publient pléthore d'ouvrages d'histoire-géographie, de maths ou d'espagnol, peu d'entre elles s'intéressent à la technologie : nous n'avons trouvé que quatre collections pour les classes de sixième et cinquième (chez Istra, Bertrand Lacoste, Foucher et Delagrave, si l'on excepte les "reprofiches" présentées par Nathan). Courageux sans être téméraires, nos trois éditeurs ont apparemment limité leur investissement en rognant sur les coûts de fabrication : peu attractifs, leurs ouvrages, privés de quadrichromie, sont illustrés (quand ils le sont) de clichés de piètre qualité, bien loin d'évoquer tout progrès technique (à titre de comparaison, ***voir les photos p. 131*** des manuels québécois et autrichien). Cette économie de moyens pourrait être attribuée au fait que l'enseignement de la technologie repose sur des activités pratiques et non sur une transmission théorique des connaissances ; de ce fait, le livre scolaire ne serait pas indispensable. C'est en partie inexact. Sans ôter à la technologie sa matière active, c'est-à-dire sans prétendre se substituer aux activités pratiques, le livre permet aux élèves de se familiariser avec un vocabulaire et des codes spécifiques. Ouvrage de référence, il peut faciliter le travail autonome, compléter et illustrer les propos tenus en cours, donner des exemples de projets, en guider la réalisation...

AU PROGRAMME

L'enseignement de la technologie au collège explique aux élèves la conception, la réalisation, l'essai, l'utilisation de produits techniques, et met en évidence les liens entre la technique et la culture d'une société.

L'élève doit mener à bien un ou plusieurs projets techniques. Un domaine libre d'activités correspondant au tiers du temps est laissé à l'initiative des professeurs.

Au programme de sixième et de cinquième, figurent :

- les propriétés physiques et mécaniques des matériaux courants ;
- la lecture et la réalisation de dessins et de schémas simples en liaison avec l'objet ;
- l'analyse et la synthèse d'ensembles technologiques : reconnaissance des liaisons usuelles entre éléments, transmission et transformation de mouvements, conditions d'emploi des équipements...
- l'observation raisonnée de systèmes et de circuits électriques, électroniques, automatiques ;
- les techniques et méthodes de fabrication et d'agencement (modes artisanal et industriel) ;
- l'identification des composants d'un système informatique usuel et de leur fonction ;
- la mise en œuvre d'un système informatique ;
- la découverte et l'application de la démarche technologique économique ;
- le traitement des informations administratives et commerciales ;
- la découverte de l'entreprise et du milieu du travail.

* Cet article est le troisième d'une série. Le premier (n° 876) traitait du marché de l'édition scolaire, le deuxième (n° 878) portrait sur les changements de programme de maths en seconde.

(1) Voir *Science & Vie* n° 876, septembre 1990

(2) Voir *Le partage du savoir*, de Philippe Roqueplo, publié aux éditions du Seuil.

GROS PLAN SUR LES MANUELS

Le choix est réduit. De prime abord, il est frappant de constater combien les éditeurs ont interprété très différemment et très librement les programmes. Nous avons confié à trois spécialistes quatre ouvrages de technologie de sixième et de cinquième.

Yves Deforge a appartenu à la COPRET. Cet ancien inspecteur pédagogique régional est l'auteur de plusieurs ouvrages sur la culture technique. Il enseigne à l'université technologique de Compiègne.

Joël Lebaume est professeur de technologie dans un collège du Loiret. Il prépare une thèse sur l'éducation technologique et fait de la recherche pédagogique en liaison avec l'INRP.

René Levrat est également un ancien membre de la COPRET. Il est rattaché au Centre international d'études pédagogiques de Sèvres, et fait partie de l'Association européenne pour l'éducation technologique.



Delagrave. *La technologie au collège*, 1986, niveau 1. Ce manuel semble conçu pour la sixième et à la cinquième, mais il est surtout destiné au professeur. C'est une référence, tant par sa présentation équilibrée des différentes approches de l'objet technique (histoire, économie, technique, production, commercialisation) que par son contenu. Toutefois, l'enseignant ne tient pas là un cours tout fait. Il aura à choisir et à mettre en valeur la riche matière d'un ouvrage qui dépasse, selon Yves Deforge, la capacité d'absorption d'un élève moyen. Tel n'est pas tout à fait l'avis de Joël Lebaume qui y relève l'intention manifeste de s'adresser à l'élève. Toutefois le collégien sera déconcerté par une mise en page parfois touffue. On regrettera la qualité médiocre du papier et de l'"impression des photographies. A signaler : un index et un lexique de basic (langage informatique).



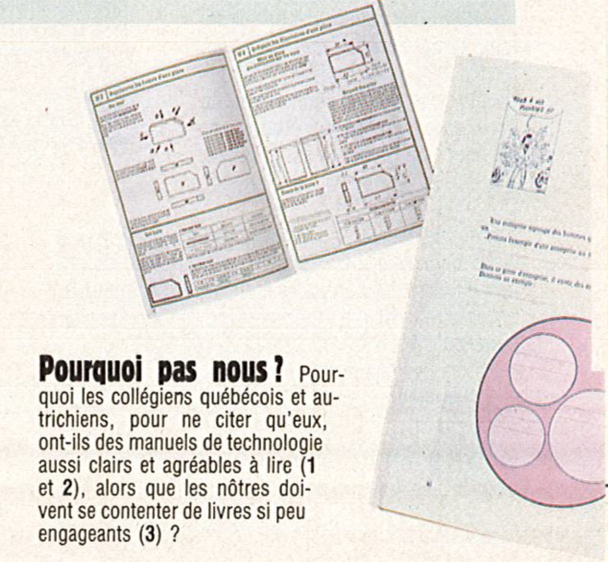
Istra. *La technologie au collège*, collection A. Capliez, 1986. Cet ouvrage correspond vraisemblablement à la sixième et à la cinquième. Voici là encore un livre qui s'adresse davantage au professeur qu'à l'élève. Il laisse de côté l'histoire des objets (depuis les besoins qu'on en a, jusqu'à l'utilisation qu'on en fait), dimension essentielle de la culture technique. Il se présente comme un raccourci de la technologie de fabrication et non comme un entraînement à la réflexion sur les techniques, leurs effets, leur raison d'être et leur devenir. Le résultat ressemble à une compilation de fiches techniques.



Bertrand Lacoste. *Initiation à la technologie*, 1989, tomes 1 et 2. Les ouvrages portent en sous-titre "Economie, gestion, informatique". Ils se présentent sous forme de fiches à compléter par les élèves. Cette "pédagogie de remplissage" a ses avantages (facilite le travail autonome d'un groupe d'élèves) et ses limites (on ne peut lui demander de développer la technicité des enfants !). Le tome 1 semble destiné à la sixième et le tome 2 à la cinquième. Les contenus des deux volumes se ressemblent étrangement : chapitres abordés, questions posées, présentation sont tout à fait semblables. Il faut donc éviter d'utiliser les deux avec les mêmes élèves. Plus grave, ces manuels semblent ne pas respecter du tout l'esprit des programmes. L'économie prédomine nettement sur la technologie. Certes, les deux domaines s'entremêlent parfois et les instructions officielles préconisent une approche multidimensionnelle. Mais dans ce cours, la technologie est singulièrement absente. Quelques notions d'histoire des techniques disséminées ici et là. A consommer avec modération.

Chez Delagrave, on admet que les ventes des manuels de technologie ont progressé de 2,5 % en 1988, 12 % en 1989 et 35 % en 1990, bien que restant encore très inférieures aux ventes des autres manuels. La pauvreté des livres scolaires de technologie traduit bien le manque de considération dont souffre cette discipline. Les raisons en sont multiples.

En premier lieu, l'enseignement de la technologie est assimilé à une formation professionnelle : pour tenter de combler le déficit de l'industrie en techniciens de main-d'œuvre, on a mis en place des filières pré-professionnelles. Dès la fin de la cinquième, les élèves en échec scolaire y sont aiguillés. Le plus souvent, ils préparent un certificat d'aptitude professionnelle (CAP), parfois un brevet d'études professionnelles (BEP), exceptionnellement un bac professionnel. Dans la plupart des cas, cette orien-



Pourquoi pas nous ? Pourquoi les collégiens québécois et autrichiens, pour ne citer qu'eux, ont-ils des manuels de technologie aussi clairs et agréables à lire (**1** et **2**), alors que les nôtres doivent se contenter de livres si peu engageants (**3**) ?



❷

tation est perçue par les élèves et leur famille comme une sanction, une exclusion de la filière classique. En 1984, l'ouverture de classes de quatrième et troisième technologiques, dont l'enseignement est en partie assuré par des professeurs hautement qualifiés, tenta d'y remédier sans grand succès. Dans ce contexte, la mise en place d'un enseignement général obligatoire en technologie peut laisser supposer aux parents d'élèves qu'il s'agit moins d'une initiation pour tous que d'un nouveau mode de sélection et d'une nouvelle orientation pré-professionnelle. Comme le souligne Jean-Louis Martinand, professeur de didactique des sciences à l'université Paris XI, cet enseignement ne prépare pas les élèves à un métier, mais tente de développer chez eux une mentalité favorable à l'industrie, à l'entreprise, à la technique contemporaine. Bien sur, il espère aussi susciter des vocations. Mais comment changer un *a priori* défavorable alors que le discrédit qui frappe la technologie dépasse largement le cadre de l'école ? Dans notre société, la prédominance du "savoir" sur le "faire", de l'intellectuel sur le manuel a depuis longtemps été décrite et analysée (²). Malgré, ou peut-être à cause de son emprise sur notre quotidien, la technologie n'est toujours pas appréciée au point d'être intégrée à la culture générale. « Les techniciens forment encore un corps social en quête d'identité culturelle », analyse Annette Gonnin, de l'Institut national de recherche pédagogique (INRP).



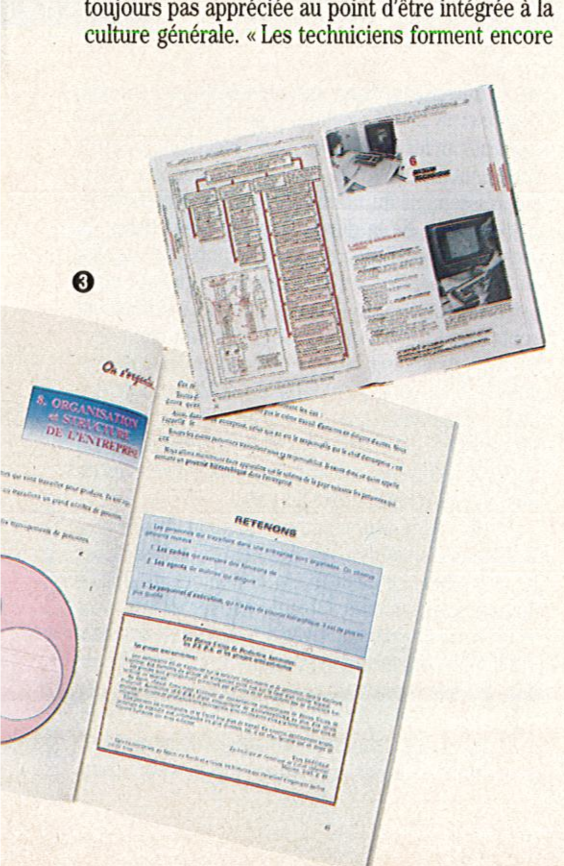
❶

Quant aux fondements théoriques de la technologie, ils restent à définir. « La technologie manque de théoriciens, de penseurs, de passé », constate Yves Deforge, inspecteur pédagogique régional de technologie. En 1984, la Commission permanente de réflexion sur l'enseignement de la technologie (COPRET) émit des propositions qui servirent de référence pour établir le plan de formation, les objectifs et les contenus du futur enseignement. La COPRET insista sur la nécessité de "restructurer les savoirs", d'intégrer les connaissances techniques à une architecture didactique. Mais par la suite on sous-estima souvent la difficulté de définir et de construire une discipline nouvelle. Les formateurs des enseignants d'EMT recyclés étaient des agrégés, spécialistes d'un sous-secteur technique (génie électrique, mécanique, informatique...). Cela explique que dans de nombreux cas, les professeurs de technologie ont reçu une formation morcelée, sans grande cohésion et ont vécu plus ou moins bien la remise en cause de leurs connaissances et de leur enseignement antérieurs.

Une étude menée en liaison avec l'INRP (*Sensibiliser des enseignants d'EMT à la technologie, quelques problèmes psycho-sociologiques*, 1989) fait état d'un malaise lié à un sentiment de rupture. Cette étude souligne que ces enseignants se sen-

(suite du texte page 175)

❸



ENSEIGNANTS : L'ÉVEIL DES VOCATIONS ?



Débordée par les élèves, contestée dans sa mission pédagogique, l'Education nationale reste crâne et prétend recruter 300 000 professeurs avant l'an 2000. Les candidats manquent, mais les mesures prises pour revaloriser le métier d'enseignant provoquent déjà un léger frémissement du côté des concours de recrutement.

PAR ISABELLE BOURDIAL

Alors que les lycéens descendent dans la rue pour réclamer de meilleures conditions d'études, le ministère de l'Education nationale affiche son intention de devenir le plus gros pourvoyeur de débouchés de l'Hexagone. Pour restaurer son autorité institutionnelle, il mise sur le recrutement des enseignants plus encore que sur le personnel d'encadrement. Le rapport annexe à la loi d'orientation du 10 juillet 1989 évalue ses besoins annuels de recrutement à 10 000 instituteurs et 10 000 professeurs du second degré (collèges et lycées) jusqu'en 1993, puis respectivement 12 000 et 15 000 par an jusqu'en l'an 2000. Le ministère envisage aussi de recruter chaque année 1 500 enseignants du supérieur. Le budget 1991 ([1]) prévoit d'ores et déjà plus de 9 000 créations de postes d'enseignants, en dehors des renouvellements. Ces besoins importants n'en paraissent pas moins sous-évalués. Tout en envisageant une réduction des effectifs des classes (25 élèves maximum par classe de collège, 30 au lycée), le Syndicat national des enseignants du second degré (SNES) a refait les calculs en tenant compte des 100 000 départs en retraite prévus dans le secondaire, de l'augmentation attendue du nombre d'élèves et des recrutements nécessaires pour assurer les remplacements. Résultat : le SNES évalue à plus de 20 000 professeurs par an les besoins des seuls lycées et collèges. Car le nombre d'élèves ne fait qu'augmenter. Avec l'accroissement du nombre d'enfants scolarisés et l'allongement de la durée moyenne des études, la population des élèves et des étudiants des établissements dépendant du ministère de l'Education nationale est passée de 10 à 13,5 millions en moins de trente ans. En 1960, un jeune sur dix était bachelier. En 1989, ils étaient plus de quatre sur dix à décrocher le bac. Quant au taux de scolarisation des deux / vingt-deux ans, il s'est accru presque sans discontinuer pour atteindre 81 % en 1988-1989. En l'an 2000, les lycées accueilleront 360 000 élèves de plus qu'à la rentrée 1990-1991 ([2]).

Un plan de recrutement quinquennal, publié prochainement, évaluera les besoins de recrutement par discipline. Ce plan fixera le nombre de postes ouverts aux concours. Objectif avoué : donner une vision nette des perspectives offertes aux candidats potentiels. L'intention est louable, car l'absence de plan de recrutement à moyen terme entraîne des variations brutales du nombre de places proposées, en fonction des besoins immédiats. Depuis 1985, ce nombre connaît une forte progression, bien



supérieure à celle des effectifs des candidats.

Le déficit en prétendants n'est pas le reflet d'un simple désarroi face à la fluctuation de l'offre, mais trahit aussi une grave pénurie des vocations. Cette crise épargne des disciplines comme la philosophie, les sciences naturelles ou l'éducation physique. Elle frappe de plein fouet les mathématiques, la physique, les sciences économiques et sociales... Le français et l'histoire-géographie commencent aussi à en pâtir, même si la cause en est aussi le niveau de sélectivité important des concours (***voir encadré p. 135***). Cette année, 43 % des postes de physique et 54 % de mécanique proposés au concours de l'agrégation externe ne furent pas pourvus. A l'issue de l'ensemble des épreuves du CAPES (certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement secondaire), un poste sur trois reste vacant. En physique, il y avait même moins de candidats que de places offertes !

Pour pourvoir ces postes restés vides, le ministère a dû réactionner la pompe de l'auxilariat. Alors qu'un plan de titularisation des maîtres auxiliaires vient à peine de s'achever, ils sont de nouveau 10 000 à 40 000 en poste. Recrutés par petites annonces, les maîtres auxiliaires n'ont jamais été préparés à enseigner. Leur niveau d'études, très variable, est inférieur à la licence dans 39 % des cas (source SNES).

A priori, cette défection, qui tient de la débâcle, rend présomptueuses les perspectives de recrutement affichées par le ministère de la rue de Grenelle. Pourtant, le pari ne semble pas impossible à tenir. A y regarder de près, la situation paraît même s'améliorer. La comparaison des résultats globaux aux concours de 1987 et de 1990 révèle une augmentation de 50 % d'admis à l'agrégation externe et de 100 % aux certificats externes des CAPES/CAPEPS (certificat d'aptitude au professorat d'éducation physique et sportive). Le ministère y voit l'effet d'une politique de large ouverture de postes aux concours (+75 % pour l'ensemble des concours et +55 % pour les concours externes), des campagnes d'information lancées depuis deux ans et de la création et l'extension des concours internes en 1987. Pour la deuxième année consécutive, les recrutements ont compensé les départs du corps enseignant. Le solde, faiblement positif en 1989, s'est élevé à un modeste +1 000 en 1990. Ces résultats s'expliquent en partie par l'accroissement du nombre d'étudiants reçus aux concours. Leur intégration dans les équipes d'enseignement des lycées et collèges a grimpé de 163 % en deux ans. Mais attention à relativiser ces

signes encourageants : le nombre de candidats augmente moins vite que les besoins en enseignants.

L'Education nationale garde les yeux sur ce qu'elle nomme "le flux frais", car tous les candidats aux concours ne sont pas à proprement parler de nouvelles recrues. Selon un rapport ministériel sur "Les enseignants du second degré" (1989), les véritables candidats extérieurs représenteraient 60 % des inscrits et des reçus, les 40 % restants se répartissent entre des candidats internes titulaires — selon le SNES, la moitié des candidats admis à l'agrégation sont des professeurs certifiés —, les maîtres auxiliaires, les candidats originaires de l'enseignement privé. Pour sortir de la crise, il était impératif d'accroître le vivier des candidats potentiels, en formant notamment davantage d'étudiants jusqu'à la licence. Dans une discipline fortement déficitaire comme les mathématiques, le nombre de licences est passé de 1 350 en 1987 à 2 000 en 1990. A supposer qu'ils se présentent avec succès aux concours de 1991, tous ces licenciés ne suffiraient même pas à combler les postes ouverts cette année. Ils représenteraient malgré tout un admis sur deux au CAPES externe en 1989, contre un sur trois en 1985. Pour augmenter encore le nombre de candidats, les épreuves du CAPES seront désormais accessibles aux titulaires de tout diplôme de niveau bac+4. Le décret du 16 août 1989 a supprimé toute limite d'âge pour se présenter aux concours et diminué de cinq à trois ans l'ancienneté requise pour se présenter au CAPES interne.

Un métier peu considéré car mal payé

Le pré-recrutement est aussi un moyen d'inciter les étudiants à préparer les concours. Le dispositif mis en place permet à des étudiants titulaires d'un diplôme équivalent à bac+2 de poursuivre leurs études pour obtenir une licence, pourvu qu'ils s'engagent à préparer l'un des concours de recrutement. En 1990, une rémunération a été versée à 4 700 d'entre eux. L'an prochain, les futurs candidats bénéficieront de 4 000 allocations pour le premier degré, 1 900 allocations pour le second degré dans les disciplines déficitaires et 1 100 allocations ou emplois dans l'enseignement technique et professionnel.

Toutes ces mesures ne peuvent compenser la dépréciation du métier d'enseignant. Insuffisament soutenu par son administration, il perd de son autorité. D'autre part, dans une société où l'on estime les gens à leur salaire, le professeur est peu considéré. C'est pourquoi, de 1989 à 1999, 18 milliards de francs devraient être consacrés à un plan de revalorisation (en particulier 11,6 milliards d'ici à 1993) de la profession. Cette revalorisation revêt différentes formes : augmentation de salaires, modifications du statut, accélération des carrières, congés de mobilité, indemnités... Des décrets publiés en septembre et en octobre 1989 améliorent ainsi la situation et le déroulement de la carrière des instituteurs et des professeurs. Ils comprennent des mesures d'intégration et de promotion, en particulier l'intégration de 10 000 adjoints d'enseignement et chargés d'enseignement dans le corps des certifiés, des professeurs de lycée professionnel de 2e grade (PLP2) et des conseillers principaux d'éducation. Les intégrations se poursuivront au rythme annuel de 2 500.

A la rentrée 1990, trois nouveaux types d'indemnités rétribuent des responsabilités particulières :
- l'indemnité de première affectation, quand celle-ci a lieu dans une académie ou un département déficitaire. D'un montant de 12 000 francs pendant trois ans, elle devrait concerner cette année 2 300 instituteurs et 3 300 professeurs.
- L'indemnité de sujétion spéciale de 6 200 francs, liée aux "contraintes pédagogiques et géographiques caractéristiques de certains établissements".
- L'indemnité pour activités péri-éducatives, au taux horaire de 120 francs.

A l'avenir, tous les enseignants du primaire et du secondaire sortiront d'un institut de formation des maîtres (IUFM, *voir encadré page ci-contre*) et appartiendront au corps unique de "professeur des écoles". La rémunération des 12 000 instituteurs intégrés dans ce corps d'ici à 1992 sera alignée sur celle des certifiés : actuellement 97 550 francs (bruts) par an en début de carrière, de 186 800 à 208 540 francs en fin de carrière. Un instituteur débutant gagne aujourd'hui 89 530 francs. A la veille de la retraite, il touche 143 890 francs. A titre de comparaison, le

LES INSTITUTS UNIVERSITAIRES DE FORMATION DES MAITRES

A partir de la rentrée 1991, tous les futurs enseignants du premier et du second degré vont être recrutés au même niveau et formés aux mêmes endroits : dans les instituts universitaires de formation des maîtres. Ces établissements publics à caractère administratif, rattachés à une ou plusieurs universités, remplaceront donc les écoles normales d'instituteurs, les centres pédagogiques régionaux (qui formaient en un an les lauréats des concours d'enseignement du secondaire) et les écoles normales nationales d'apprentissage (pour l'enseignement technique).

Les équipes d'enseignement seront composées des précédents formateurs rejoints par des universitaires en nombre limité. Recrutés avec la licence, les futurs professeurs auront un an pour préparer le concours de leur choix. Devenus professeurs stagiaires, ils recevront une formation professionnelle d'un an avant d'exercer leur métier.

PORTES D'ENTRÉE À GÉOMETRIE VARIABLE

Le nombre important de postes non pourvus aux concours ne peut être imputé au seul manque de candidats. Dans la pratique, on constate que le caractère sélectif des épreuves varie considérablement d'une discipline à l'autre.

Prenons le cas du CAPES théorique d'histoire-géographie. Traditionnellement, le jury se montre particulièrement exigeant. Le programme, pour le moins chargé, couvrait cette année :

- les provinces romaines d'Europe centrale et occidentale de 31 avant J.C. à 235 après J.C.
- L'Occident médiéval de 476 à 774.
- Les Etats du pourtour méditerranéen au 17e siècle.
- L'Empire russe et l'Union soviétique du règne de Nicolas 1er à juin 1941.

Au programme de géographie figuraient la France et les DOM-TOM (géographie, économie, démographie, urbanisme, industrie, agriculture, énergie, transports...), les Etats méditerranéens de la Communauté économique européenne, les anciennes régions industrielles et les structures agraires dans le monde.

A l'écrit, deux épreuves de cinq heures attendent le candidat au CAPES théorique (quatre épreuves de sept heures pour l'agrégation). Les copies sont notées selon un système de notation dégressive ; avoir la moyenne relève de l'exploit, 3 sur 20 est une note courante. A l'oral, tout peut vous être demandé, même l'explication d'une planche de *Tintin chez les Soviets*. La leçon est un exposé sur un sujet tiré au sort ("Naples au 17e siècle", "les finances espagnoles sous Olivares"), après quatre heures de préparation à l'aide de quelques ouvrages sur le sujet. Les commentaires des jurés ne sont pas communiqués. Une mauvaise note ne peut donc pas être contestée. Une fois l'obstacle franchi, le futur enseignant doit encore obtenir le CAPES pratique, à l'issue d'un an de formation dans un Centre pédagogique régional et de stages en classe. Devenir certifié exige souvent plusieurs années de travail assidu après la licence, car les chances de réussite au CAPES théorique d'histoire-géographie sont, pour les titulaires de ce seul diplôme, quasiment nulles.

Les choses sont très différentes en physique. Pour s'en assurer, il suffit de lire le rapport du jury de concours du CAPES externe de 1989 : « Le jury, très soucieux de recruter le plus grand nombre possible de professeurs d'enseignement secondaire, a cherché à mieux adapter ses exigences aux capacités qu'exige le métier d'enseignant mais ne les a en aucun cas augmentées. C'est ainsi que les sujets d'écrit ont été simplifiés afin que tout candidat ayant de bonnes connaissances du niveau des classes terminales obtienne, au moins, la moyenne. L'augmentation des notes par rapport à la session de 1988 traduit donc une meilleure adaptation des épreuves plutôt qu'une amélioration qualitative de l'ensemble des candidats. »

Le niveau baisse, le jury avoue ratisser large. Un bon élève de terminale a donc aujourd'hui le niveau requis pour passer l'écrit du CAPES (mais la licence est exigée). D'autant que le jury, qui ne manque pas de sincérité, précise : « Le rapport entre le nombre de places au concours et le nombre de candidats est tel que la réussite doit accompagner, presqu'à coup sûr, une préparation sérieuse. »

En étant très sélective, l'histoire-géographie laisse un tiers de postes non pourvus, en ratissant large la physique n'en pourvoit que la moitié...

Nathalie Després et Isabelle Bourdial

MATIÈRE	NOMBRE DE POSTES NON POURVUS	POURCENTAGE PAR RAPPORT AU NOMBRE DE POSTES OFFERTS
LETTRES CLASSIQUES	173	39 %
LETTRES MODERNES	526	33 %
HISTOIRE - GÉOGRAPHIE	556	31 %
ANGLAIS	537	34 %
ESPAGNOL	46	8 %
LANGUES RARES ET RÉGIONALES	11	24 %
MATHÉMATIQUES	869	45 %
SCIENCES PHYSIQUES	851	48 %
SCIENCES ÉCONOMIQUES ET SOCIALES	140	52 %
ARTS	71	16 %

Manque de vocations ou jury trop sévère ? Voici les disciplines pour lesquelles le nombre de candidats recrutés à l'issue du CAPES externe 1990 est insuffisant.

salaire annuel brut d'un jeune ingénieur (de niveau bac+5, comme les professeurs) atteint en moyenne 145 000 francs. Une étude du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) (citée par *le Monde de l'éducation* en 1989, et plus récemment par *le Nouvel Observateur* du 27 septembre 1990) révèle que cette tendance s'inverse pour les femmes de l'Education nationale, qui perçoivent des salaires de 10 à 15 % plus élevés en entreprise. Car — est-il besoin de le rappeler — le secteur privé pratique en général un écart salarial de 30 % entre les hommes et les femmes, au bénéfice des premiers.

Alors qu'en 1991 l'Education nationale devrait bénéficier du budget le plus élevé (247 793 millions de francs), dépassant pour la première fois celui de la Défense, nul ne sait si les mesures engagées seront suffisantes pour engendrer un retour des vocations. En effet, peut-on entraîner la reconsidération d'une profession confrontée à des conditions de travail encore difficiles — classes surchargées, locaux inadaptés, manque de moyens, d'encadrement — avec une rémunération qui reste peu attractive ?

Isabelle Bourdial

(1) A été voté à l'Assemblée nationale le 19 novembre et sera présenté ultérieurement au Sénat.

(2) Calculs effectués par le SNES en supposant que 68 % d'une classe d'âge accédera à la seconde et 65 % à la terminale. Le ministère prévoit seulement 170 000 lycéens supplémentaires, en estimant à 62 % la première proportion et 57,4 % la seconde. Mais ses prévisions sont probablement déjà atteintes cette année... et sont en contradiction flagrante avec son ambition de porter à huit sur dix le nombre d'élèves de niveau bac !

L'AUTORADIO ROBOTISÉ

Autrefois simple récepteur radio, aujourd'hui très souvent couplé à un lecteur de cassettes ou de disques compacts, l'autoradio tend à devenir un équipement automatisé d'assistance à la conduite automobile.

PAR BRUNO MATHON

L'autoradio a près de soixante ans. Mais ces trois ou quatre dernières années, il a reçu plus de transformations que durant le demi-siècle précédent. L'utilisation de puces de grande capacité, l'intégration de la lecture laser pour disques compacts, l'asservissement au satellite, la création du RDS (*Radio Data System*), lui ont donné la haute-fidélité sonore, ont multiplié ses fonctions et, surtout, sont en passe d'en faire un équipement intégré à l'automobile, nécessaire au guidage du conducteur.

L'amélioration de la musicalité, tant en radio avec les programmes FM stéréophoniques qu'avec les cassettes audio ou le son numérique du disque compact, a d'abord conduit les constructeurs à perfectionner la mécanique des combinés radio-lecteurs pour éliminer au mieux les troubles du son provoqués par les chocs et les vibrations.

Pour atténuer les effets vibratoires, on a conçu des châssis plus rigides, ainsi que des dispositifs flottants supportant les blocs de lecture (dispositifs à bain d'huile et sur caoutchouc, par exemple, chez Philips). Pour réduire les distorsions et les pertes sonores qui se produisent dans une automobile à cause de sa configuration et du bruit de la route, les appareils audio sont dotés de circuits de correction physiologique du son et d'une puissance relativement élevée (de 25 à 40 W par canal).

L'attention de l'automobiliste étant retenue avant tout par la conduite, il était nécessaire de réduire ses interventions sur l'autoradio. Chaque appareil est donc conçu pour que les commandes en soient facilement accessibles. L'automatisation des réglages est largement utilisée. C'est ainsi que les autoradios dotés de lecteurs à laser sont de plus en plus souvent équipés de chargeurs de disques : un compartiment comporte 6,

8 ou 12 disques compact. Une unité de programmation permet à l'automobiliste de créer son programme pour un voyage, lui épargnant ainsi toute intervention durant le trajet.

La firme allemande Blaupunkt, précurseur dans le domaine (premier autoradio monté dans le tableau de bord : 1949 ; premier autoradio stéréophonique : 1969), a conçu une transmission numérique des signaux entre le lecteur-laser et l'amplituner. Il en a équipé le chargeur de disque CDC-M1 sur lequel la fibre optique remplace le câble en cuivre. Les signaux audio optiques sont donc transmis par une interface, puis transformés par un convertisseur 16 bits numérique/analogique à quadruple échantillonnage. Toutes les données acoustiques sont par conséquent transmises, ce qui assure une réponse en fréquence de 20 Hz à 20 kHz, à plus ou moins 1 dB et avec un rapport signal/bruit de 92 dB au moins. La haute-fidélité est ainsi maintenue.

Le système optique Blaupunkt possède deux gros avantages : insensibilité aux perturbations électromagnétiques (produites, par exemple, par le système d'allumage de la voiture) et séparation parfaite des canaux sonores. Cette technique permet en outre la transmission des données mémorisées sur le disque en indiquant la plage musicale ou la durée de reproduction, ainsi que des signaux supplémentaires, par exemple, pour le réglage du volume sonore et du dosage grave/aigu. Ce chargeur de disques CDC M1 est pilotable par les autoradios Heidelberg RCM 40, Toronto RCM 40 et Atlanta SQR 49.

Les lecteurs de disques compacts adaptés aux autoradios possèdent pour la plupart les fonctions pratiques des lecteurs de salon, comme l'accès direct à n'importe quelle plage de disque, les programmations de morceaux pour chaque disque (jusqu'à 25 disques), de lectures répétées, de recherche et de saut de piste. Les télécommandes ont fait leur apparition, à la suite de Philips qui en a équipé ses deux modèles haut de gamme (DC 984 et 983). Autre souci, la protection contre le vol : l'amplificateur et le syntoniseur (recherche des émetteurs) sont groupés dans un module qu'on peut éventuellement installer dans le coffre arrière, avec le changeur de disque. Les seuls modèles véritablement compacts, donc susceptibles d'être cachés sous le siège passager ou dans la boîte à gants, sont les Alpine 5952 S et Pioneer DEH 700.

Tous ces appareils forment la base de véritables systèmes pour deux ou quatre enceintes acoustiques avec des haut-parleurs hautes, basses et moyennes fréquences. Un ou plusieurs amplificateurs supplémentaires alimentent parfois un caisson de graves, un égaliseur réglant alors l'amplification sur l'ensemble du spectre de fréquences. De multiples combinaisons sont donc rendues possibles par l'utilisation de gammes complètes de haut-parleurs.

Ainsi, le haut-parleur équipant l'habitacle acquiert la même importance qu'en haute-fidélité de salon. Les fabricants spécialisés, comme le japonais Fostex, l'américain Infinity, l'allemand Mac Audio ou le français Focal, commencent à se faire un nom dans cette haute-fidélité pour automobile. La palme revient ici à Magnat qui emploie, en guise de tweeters (pour les sons aigus),une petite sphère pulsante placée sur la grille du haut-parleur.

Les puissances proposées sont parfois très élevées, ce qui peut favoriser la restitution de certains sons comme les transitoires (changements brusques d'intensité), mais peut aussi être très assourdissant dans le faible volume d'un véhicule. A noter à ce propos un dispositif ingénieux conçu par Philips (dont la gamme s'étend du modèle "Emotion" de 100 W, au prix de 4 500 F, au modèle "Passion" de 1 000 W, au prix de 45 000 F) : à la mise sous tension, la montée du volume sonore se fait progressivement afin de ne pas surprendre l'utilisateur.

Tournons-nous maintenant vers les combinés autoradio-cassette. D'abord, ils ont été dotés de réducteurs de bruit de fond, Dolby B ou Dolby C, qui, essentiellement, réduisent le souffle des divers types de bandes magnétiques. Ils possèdent ensuite la recherche automatique des stations en modulation de fréquence, comme en courtes ou grandes ondes. Philips a créé une réception à double antenne, éliminant les parasites dus aux fluctuations du signal en ville, à la montagne ou dans une circulation dense. Le meilleur signal est sélectionné électriquement, sans coupure.

Les présélections se retrouvent sur tous les modèles, jusqu'à 30 stations au total, doublées maintenant par une fonction de recherche automatique des six émissions les plus puissantes d'une zone géographique (Alpine). Le constructeur néerlandais est l'un des seuls à proposer un modèle spécial ondes courtes (DC 777) couvrant les fréquences 3 170 - 21 910 kHz/13 - 94 mètres, qui permet, à l'aide d'un petit clavier escamotable, d'afficher une fréquence précise. Sont également proposés des dispositifs modifiant l'effet stéréophonique en fonction de la force du signal FM ou atténuant les aigus en fonction du niveau de réception.

Apparu il y a deux ans, le RDS tend à se développer, quoique son intérêt réel soit encore limité par le manque de programmes adaptés. Sous ce sigle (***voir encadré p. 141***), se cache un procédé en service dans 15 pays européens assurant une transmission numérique d'informations : les émetteurs RDS diffusent en FM un ensemble de données reconnues et décodées par le microprocesseur de l'autoradio. Les fréquences des émetteurs voisins d'un même programme radio (dites fréquences alternatives) sont ainsi mémorisées et le tuner sélectionne en permanence la fréquence offrant la meil-



RADIOSCOPIE DE 31 AUTORADIOS À LECTEUR DE CASSETTES...

ONCTIONS		MODÈLES →	ALPINE 7294 R	ALPINE 7390 M	BLAUPUNKT MONTRÉAL CR 40	BLAUPUNKT TORONTO RCM 40	BLAUPUNKT HEIDELBERG RCM 40	CLARION CMX 230	CLARION CRX 111 R	CLARION CRH 70	GRUNDIG WKC 5500 RDS	GRUNDIG WKC 5000 RDS	GRUNDIG WKC 4870 RDS-A	GRUNDIG 3851 WKC RDS	JVC-KS R69
PROTECTION ANTIVOL		Façade extractable							★		★	★	★	★	
		Boîtier extractable	★	★	★	★	★			★					★
		Code secret			★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
MPLIFICATEUR		Puissance (en watts)	25	divers amplificateurs	26	26	26	non intégré	15	15	40	14	40	10	25+8
		Nombre de sorties haut-parleurs	2		2 ou 4	2 ou 4	2 ou 4		4	4	4	4	4	4	2
ADIO		Nombre de présélections FM	18	18	24	24	24	18	10	12	18	15	18	15	18
		Nombre de présélections PO/GO	12	12	12	12	12	6	5	6	18	15	18	15	6
		Sensibilité FM réglable		★	★	★	★	★	★		★	★	★	★	★
		Réception OC				★									
		Radio RSD	★			★	★		★		★	★	★	★	
		Pilotage d'un chargeur de disque compact	★	★		★	★	★	★						
CTEUR DE SSETTES		Dolby B et C	B-C	B-C	B	B-C	B-C	B-C	B-C	B	B-C	B	B-C	B	B-C
		Lecture automatique des séquences	★	★	★	★	★	★	★		★	★			★
		Lecture de bande métal chromé	★	★		★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
RIX		(en francs)	4 690	3 890	2 990	4 790	4 290	7 000	4 690	2 690	5 500	5 000	4 000	3 500	4 690

leure réception. Quel que soit le trajet, la réception de la station de radio reste vérouillée, avec une commutation automatique de fréquence d'une zone à l'autre. Sur tous les postes de ce type, l'afficheur à cristaux liquides mentionne non pas la fréquence mais le nom de la station. En France, il ne peut s'agir que de *France-Inter*, *France-Musique* ou *France-Info*. *Radio-France*, qui bénéficie du réseau le plus étendu, est en effet la seule à s'être équipée de ces émetteurs. Il n'est donc plus besoin de retenir les fréquences disponibles pour ces stations. Autre avantage : le système RDS reconnaît également les

JVC-KS R63	JVC-KS RX900	KENWOOD KRC 951 RDS	KENWOOD KRC 851 D	KENWOOD KRC 651-L	PANASONIC CQ RD 10	PANASONIC CQ-L40	PHILIPS DC 983	PHILIPS DC 682	PHILIPS DC 777	PIONEER KEH 6000 RDS	PIONEER KEH 4100 B	PIONEER RDS 70	SONY XR 7071	SONY XR 5801 RDS	SONY XR 7551	TARGA Q 855	YAMAHA YCR 515 L
★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
★							★	★	★								
22+8	22+8	25+15	25+15	25+15	20	25	25	25	25	25+15	15	20	20	25+15	30	25+7	20
2	2	2 ou 4	2 ou 4	2 ou 4	2	2	4	2	2	2 ou 4	4	4	4	2 et 4	4	2+2	4
15	10	16	20	16	12	12	12	6	10	16	18	18	18	18	18	18	18
5	10	16	20	8	6	6	24	12	15+20 en oc	16	6	12	6	6	6	12	12
★		★	★	★	★	★	★		★	★	★		★	★	★		★
							★		★								
	★	★			★		★	★		★		★		★			
			★	★		★	★						★	★	★		
B	B	B-C	B-C	B	B	B-C	B-C	B		B		B	B	B	B-C	B-C	B
★		★	★	★		★	★			★			★	★	★	★	★
★	★	★	★	★	★	★	★	★		★		★	★	★	★	★	★
2 990	3 590	3 990	3 890	2 890	3 490	4 990	9 990	3 990	3 990	3 995	2 195	2 690	3 000	3 000	4 000	2 500	3 410

stations diffusant différents types de messages, à commencer par des bulletins d'informations routières. L'utilisateur peut choisir de les écouter, par le mode d'interruption automatique des programmes (même lorsque le récepteur est en veille ou en position de lecture cassette ou disque compact), ou

(suite du texte page 140)

Outre les caractéristiques mentionnées dans ce tableau, les combinés radio-cassette, que nous avons choisis pour leur qualité, sont tous dotés d'un réglage distinct des graves et des aigus, d'un correcteur physiologique, de la mémorisation automatique des émetteurs radio, du changement automatique du sens de défilement de la bande en fin de cassette et d'un dispositif de retour arrière rapide de cette bande.

... ET DE 11 AUTORADIOS À LECTEUR DE DISQUES COMPACTS

FONCTIONS	MODÈLES	ALPINE 7909 L	CLARION CDC 6000	JVC XL-G 3500	JVC XL-G 2500	KENWOOD KDC 93 R	DAR WOO DC 7700	PANASONIC CQ DP 25	PHILIPS DC 980	PHILIPS DC 984	PIONEER DEH 700	SONY CDX 7581
PROTECTION ANTIVOL	Façade extractable										★	
	Boîtier extractable	★	★	★	★	★	★	★	★	★		★
	Code secret	★										
AMPLIFICATEUR	Puissance (en watts)	non intégré	20	22	non intégré	30	25	non intégré	25	25	25	25+9
	Nombre de sorties haut-parleurs		2	4		2	2		2	4	2	2 ou 4
	Correction physiologique	★	★			★	★	★	★	★	★	★
RADIO	Nombre de présélections FM	12	15	15	18	20	12	12	18	18	12	18
	Nombre de présélections PO/GO	12	5	5	6	20	12	12	18	18	12	6
	Sensibilité FM réglable		★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	Réception OC									★		
	Radio RDS									★		
PRIX	(en francs)	4 690	4 890	5 290	3 990	4 290	3 750	4 990	4 900	9 990	4 595	2 990

Les autoradios sélectionnés dans ce tableau possèdent plusieurs caractéristiques communes : un lecteur de disques compacts entièrement intégré, un réglage distinct des graves et des aigus et la possibilité de mémorisation automatique des émetteurs radio.

bien de les visualiser sur l'afficheur de l'autoradio ou sur un écran à cristaux liquides. Le RDS, présent actuellement sur une vingtaine de récepteurs radio, permet d'obtenir des niveaux sonores différents selon qu'est diffusée de la musique ou de la parole. Il permettra, dans l'avenir, de choisir à l'avance son type de programme, jazz, classique ou informations, sans sélection ni intervention tout au long du trajet. Le RDS a été défini en mars 1984 et normalisé par l'Europe. Le choix des services qu'il permet est fait par les chaînes de programmes en fonction de leur public. La sélection des chaînes françaises s'est portée à ce jour sur plusieurs fonctions :

- PI, identification de la station. Ne sert pas directement aux auditeurs, mais est indispensable pour l'accord automatique des récepteurs. Ce code donne la couverture territoriale de l'émetteur. C'est le seul à faire varier lors d'un décrochage régional.
- AF, liste des fréquences alternatives. Essentiel à l'accord automatique des récepteurs. A un endroit déterminé, seules une ou deux fréquences sont disponibles. Le récepteur doit les identifier en mesurant le niveau du signal. Il doit en outre mettre à jour en permanence la liste des fréquences alternatives, dans la mesure où les opérateurs peuvent avoir prévu des décrochages régionaux.
- TP, informations routières. Un petit drapeau signale que la radiodiffusion en comporte. La détection de ce signal provoque l'allumage d'un voyant lumineux sur le récepteur.
- TA, signal d'annonce d'informations routières. Complément du TP, il indique qu'une annonce est sur le point d'être diffusée. Eventuellement, il provoque une modification du mode de fonctionne-

ment : augmentation du volume sonore pendant l'annonce, interruption temporaire de la lecture d'une cassette, veille silencieuse.

• PS, nom de la chaîne du programme. Texte limité à huit signes alphanumériques sur l'afficheur, permettant de savoir à quelle chaîne de programme appartient la fréquence sélectionnée.

Le RDS se retrouve le plus fréquemment sur des tuner-lecteurs de cassettes. Les prix se situent autour de 4 000 F (***voir tableaux p. 138 et ci-contre***). Un autre type de combiné autoradio-cassette pourrait bientôt se développer, le DAT (*Digital Audio Tape*). Il avait déjà fait, il y a deux ans, une incursion dans le domaine de l'autoradio, sans succès. Depuis, l'accord conclu entre les principaux producteurs mondiaux d'électronique sur le système d'enregistrement SCMS (*Serial Copy Management System*, voir *Science & Vie* hors série "Photo-TV-Vidéo", 1990), qui autorise une seule copie numérique, le DAT devrait progresser sur le marché des appareils de salon ou portables (nous y reviendrons le mois prochain). Pour l'automobile, Sony vient de lancer un autoradio combinant deux sources numériques, lecteur de DAT et changeur de disque compact (DTX 10). D'autres modèles avec DAT sont disponibles chez Kenwood et Alpine.

Il existe un véritable frein à la progression des ventes d'autoradios perfectionnés (donc coûteux) : le vol des appareils dans les véhicules. Aussi les constructeurs cherchent-ils à créer des systèmes anti-vol de plus en plus efficaces. Doucement mais sûrement, c'est le panneau de façade amovible, au moins partiellement, qui devient le système le plus répandu. Il est plus pratique que le tiroir extractible, car le bloc que doit emporter le propriétaire est plus petit et plus léger. Pioneer est peut être le plus convaincant avec une façade qui se retire entièrement. (DEH 700). Chez Blaupunkt, la même solution a été expérimentée sur le modèle "Denver", avec une variante : le tuner est installé dans le coffre ou sous un siège, et la partie amovible est un terminal de commande. Grundig a fait le choix d'une double sécurité avec la moitié du tableau de commande amovible et un codage électronique connu du seul propriétaire de l'appareil. Les problèmes posés par les éléments amovibles résident dans leur fiabilité. Sur les hauts de gamme, par exemple, pour obtenir des contacts parfaits, on les enduit d'or. D'autre part, le nombre de fonctions ne facilite pas les connexions entre la façade et les circuits électroniques. Plusieurs techniques dissuasives sont parfois utilisées ensemble : gravure du numéro de série dans le corps de l'appareil, usage d'une "clé" électronique que l'on doit entrer par l'intermédiaire des touches de présélections et d'un "car code" (mémorisation du numéro d'immatriculation du véhicule par l'autoradio). La marque Au point bleu a présenté récemment la *key card*. Il s'agit d'une carte de format carte de crédit, mais intégrant, comme une carte à puce, une banque de données personnelle. Y figure le numéro de code spécifique à chaque autoradio. L'appareil ne fonctionne qu'après l'introduction de la carte. Livrée en deux exemplaires avec chaque autoradio (Montreux RCR 30 et Heidelberg RCM 40), elle peut également mémoriser des réglages personnalisés.

Les perfectionnements de l'autoradio sont encore appelés à se multiplier. Des liaisons seront établies avec d'autres domaines comme la télévision, le radiotéléphone et l'ordinateur de bord. Nous assisterons même à une véritable révolution avec

RDS : L'EUROPE S'UNIT POUR GUIDER LES AUTOMOBILISTES

FONCTION / PAYS	IDENTIFICATION DU PROGRAMME	NOM DU SERVICE	FRÉQUENCES ALTERNATIVES	ANNONCES D'INFORMATIONS ROUTIÈRES	INFORMATIONS ROUTIÈRES	HORLOGE-DATEUR
AUTRICHE	En service	En service	En service	En service	En service	
BELGIQUE	En service	En service	En service	En service	En service	
DANEMARK	En service	En service	En service	Disponible bientôt	Disponible bientôt	
FINLANDE	A l'essai	A l'essai	A l'essai	A l'essai	A l'essai	
FRANCE	En service	En service	En service	En service	Disponible bientôt	En service
ALLEMAGNE (ex-RFA)	En service	En service	En service	En service	En service	
IRLANDE	En service	En service	En service	En service	En service	En service
ITALIE	En service	En service	En service	En service	En service	
PAYS-BAS	En service	En service	En service	En service	En service	En service
NORVÈGE	En service	En service	En service			
PORTUGAL	En service	En service	En service	En service	En service	A l'essai
ESPAGNE	En service	En service	En service	En service	En service	
SUÈDE	En service	En service	En service	En service	En service	En service
SUISSE	En service	En service	En service	En service	En service	
ROYAUME-UNI	En service	En service	En service	En service	En service	En service
YOUGOSLAVIE	En service	En service	En service	En service	A l'essai	En service

l'introduction progressive de systèmes de gestion embarqués, prenant en charge aussi bien la sécurité, le confort et la communication, que la musique, l'image et l'itinéraire. Le RDS préfigure ces nouveaux habitacles. Pour l'instant, il sert principalement à l'identification et au suivi automatique des stations. Mais à brève échéance, les circuits RDS décoderont des informations routières en temps réel, qui s'intégreront à une navigation assistée par ordinateur. La modification des données d'un parcours se fera par la réception d'informations sur des écrans de visualisation, via des tuners RDS–lecteurs de CD–audio et CD–ROM. Ces derniers, grâce aux sorties numériques, peuvent devenir une banque de données centrale. Leur capacité permet de mémoriser la carte géographique numérisée d'un pays avec les villes principales et les axes de liaison. D'autres informations peuvent s'intégrer : adresses et descriptions d'hôtels, de restaurants, curiosités touristiques, aires de repos...

Les chercheurs de Volkswagen ont mis au point sur le prototype IRVW-Futura, un procédé RDS de localisation du véhicule, précis à 50 m près ! Le repérage repose sur la mesure du temps de transmission des fréquences par les émetteurs d'une même station. Un système simple, peu coûteux, et qui autorise une localisation sans que soit nécessaire une initialisation avant chaque déplacement. Ce repérage pourrait être utilisé dans le cadre d'un système d'aide à la conduite électronique. Il serait dès à présent possible de choisir des annonces de radioguidages en fonction du lieu où l'on se trouve.

Tous les grands fabricants d'autoradios travaillent sur des projets mariant la réception satellite à l'informatique et développant la reconnaissance vocale et les écrans tactiles. Certains sont déjà commercialisés. C'est le cas du Travel-Pilot de Bosh (Blaupunkt) en Allemagne. Sur un écran à cristaux liquides, la position du véhicule défile au fur et à mesure de sa progression ; des flèches indiquent la direction ; le système de navigation calcule l'itinéraire idéal. Chez Clarion, le C-Navy utilise une mémoire programmable de la taille d'une carte de crédit. Après programmation sur une tablette électronique par crayon optique, elle se connecte à un combiné lecteur-écran qui déroule le "plan de vol". Les habitacles de nos automobiles risquent de ressembler à des cockpits. Avec le système Carin de Philips, l'écran n'est là que pour information, puisque toutes les directions à suivre sont données par une voie numérisée qui passe par l'installation radio. Commercialisation prévue pour 1993.

Au Japon, Pioneer propose dès à présent le système Avic (*Audio Visual Information Communication*), fondé sur la localisation par satellite du véhicule. Le conducteur repère avec précision sa position sur une carte numérisée lue par un CD-ROM, peut obtenir des informations sur la région traversée et contrôler toutes les fonctions de l'équipement audiovisuel de bord. Le système AVIC met en jeu des satellites GPS (*Global Positionning System*, système mondial de localisation maritime, automobile et aérienne) placés sur six orbites géosynchrones à 21 000 km de la Terre. En mai 1990, 13 étaient déjà en place, la couverture globale étant prévue pour fin 1991 avec 24 satellites. L'antenne et le récepteur ont été créés avec la firme américaine Trimble Navigation, à la pointe du progrès dans ce domaine. Si l'antenne GPS reçoit simultanément les signaux de trois satellites, la position est donnée en deux dimensions : latitude et longitude. Avec quatre satellites, en trois dimensions : longitude, latitude et altitude. La précision est de l'ordre de 1 à 2 cm pour une distance de 10 km. Le signal de position est aussitôt transmis au processeur d'affichage, qui vérifie ces données et celles issues du CD-ROM et génère une carte sur plusieurs échelles (jusqu'au 1/25 000 en zone urbaine).

L'Europe n'est pas en reste avec "Carminat" — rapprochement de trois projets, Carin (*Car Information and Navigation*), Minerve (Média intelligent pour l'environnement routier du véhicule européen) et Atlas (Acquisition par télédiffusion de logiciels automobiles pour les services) — qui réunit dans le cadre d'Eureka, Renault, TDF, Philips et la SAGEM. De quoi s'agit-il ? D'un ensemble de gestion composé de la navigation assistée par le calculateur, la réception de messages RDS, une carte mémoire véhicule et de la synthèse de parole pour le guidage et la diffusion des messages. Toutes ces informations sont reçues sur un terminal graphique couleur et sur un écran de guidage, directement inséré dans le tableau de bord, qui affiche le schéma de l'intersection à venir. Lorsque le véhicule se déplace, l'affichage neutralisé cède la place à la synthèse vocale. Les informations reçues en temps réel sont diffusées par modulation de fréquence suivant le protocole dit RDS-TMC (*Trafic Message Channel*), c'est-à-dire par codage informatique. Le signal mis en mémoire peut être restitué en synthèse vocale, à la demande. Ce qui évite à l'auditeur d'entendre des messages qui ne concernent pas son déplacement, sont répétitifs ou de subir le programe même qui les diffuse.

Le système Carminat, testé en grandeur nature dans l'ouest de la France, pourrait être opérationnel d'ici à deux ans avec une gamme de produits professionnels et grand public dont les prix s'échelonneraient de 3 000 à 20 000 F. **Bruno Mathon**



PREMIER REFLEX CONSTRUIT AUTOUR DU ZOOM



Renonçant à la technique des objectifs interchangeables au profit du zoom, Olympus a conçu un 24 × 36 automatique réduisant de plus de moitié les pertes de qualité.

PAR ROGER BELLONE

Olympus, l'un des cinq grands de l'industrie des appareils photographiques, avait-il abandonné le marché du reflex 24 x 36 qu'il avait conquis en peu de temps, à partir de 1974, avec le lancement de ses modèles OM (d'abord l'OM-1, qui fut et reste le plus petit reflex du monde, puis l'OM-2, le premier 24 x 36 réglant l'exposition en temps réel grâce à une mesure de la lumière sur le film durant le fonctionnement de l'obturateur) ? On pouvait le penser depuis quelques années car, dès 1987, la firme japonaise avait progressivement arrêté la fabrication des modèles OM sans les remplacer. Dans le même temps, Canon, Minolta, Nikon et Pentax s'étaient engagés dans la production de reflex à mise au point automatique, domaine dans lequel Olympus avait échoué avec la tentative, en 1986, de lancer l'OM-707, un appareil qui s'était révélé de conception médiocre.

La dernière Photokina (*Science & Vie* n° 877, octobre 1990) a montré qu'Olympus n'avait en fait jamais renoncé et que, si l'échec de son OM-707 lui a fait perdre quelques années, il l'a aussi incité à repenser la conception même du reflex 24 x 36 pour parvenir à un appareil adapté aux possibilités qu'offrent aujourd'hui l'optique et l'électronique. Le premier modèle ainsi proposé, l'IS-1000 ([1]), abandonne d'abord la technique des objectifs interchangeables pour les remplacer par un zoom 35-135 mm. Certes, d'autres constructeurs l'ont déjà fait. Mais les ingénieurs japonais ont fait plus, en exploitant totalement les promesses de l'optique à focale variable.

En effet, il faut rappeler que la réalisation d'un zoom ayant de bonnes performances à toutes les focales et sur l'ensemble du champ photographié est délicate. Des verres spéciaux à base de fluor ou de terres rares, donnent une faible dispersion des rayons de longueurs d'onde différentes (verres souvent dits ED, pour *Extra-low Dispersion*). Constituant déjà certaines lentilles des téléobjectifs et des zooms de haute qualité (et très coûteux), le verre ED est utilisé dans une lentille du groupe optique frontal du zoom de l'IS-1000. Afin de réduire le prix de cette sorte de lentille, jusqu'ici très longue à polir — plusieurs heures dans des abrasifs liquides, à cause du verre beaucoup plus tendre que celui des optiques ordinaires —, Olympus a créé une nouvelle technologie de polissage (sur laquelle aucune information n'a d'ailleurs été donnée).

Le recours au verre ED a également permis de réduire à 16 le nombre de lentilles du zoom et, du même coup, le poids de l'ensemble. Afin de dimi-

nuer encore les pertes de qualité, les dispositifs mécaniques ont été affinés et les tolérances de fabrication réduites de plus de 50 % par rapport à celles qui sont généralement admises dans la construction des zooms (l'inclinaison de l'axe optique des lentilles sur l'axe optique théorique ne doit jamais dépasser trois minutes d'angle, alors que la tolérance standard pour les zooms est habituellement de sept à dix minutes).

Il nous a été donné d'essayer l'Olympus IS-1000 durant près de deux mois. Après avoir procédé à quelques tests théoriques de pouvoir séparateur, nous avons réalisé avec, début octobre, un reportage assez dur pour un appareil photographique puisque nous avons pris plusieurs centaines de photos dans la poussière et la chaleur d'un volcan. Les images obtenues sont parfaitement comparables à celles que procurent de bons objectifs à focale fixe et les définitions relevées (une centaine de paires de traits noirs et blancs par millimètre au centre, plus d'une soixantaine sur les bords du champ) sont assez constantes avec diverses focales. Le contraste et le rendu des couleurs sont par ailleurs excellents.

Ces résultats, il faut maintenant le souligner, ne sont pas dus seulement au zoom, ils tiennent aussi au système optique que constitue le boîtier. Pour conserver la qualité donnée par le zoom, il est nécessaire que la surface du film sur lequel se forme l'image se situe rigoureusement dans le plan focal de l'objectif, perpendiculairement à son axe optique et y soit parfaitement plane. L'abandon des objectifs interchangeables apporte ici une facilité, l'ajustage de la position du zoom, une fois réalisé avec soin, étant définitif, alors qu'on peut observer des variations lorsqu'on change d'objectif. Quant à la planéité du film, elle est obtenue par un trajet en S, de la bobine débitrice à la bobine réceptrice, système qui assure une bonne tension de la pellicule entre le plan de guidage et le presseur. Ce déroulement en S a aussi permis de supprimer purement et simplement la partie gauche du boîtier qui, sur les appareils 24 x 36 traditionnels, renferme la bobine réceptrice.

Un boîtier sans joue droite

Non seulement la compacité du boîtier s'en est trouvée accentuée, mais sa stabilité lors des prises de vues a été améliorée. En effet, la main, qui habituellement tient ce côté du boîtier, peut sans gêne aller maintenir l'appareil sous le zoom.

Bien entendu, l'Olympus IS-1000 est doté de tous les automatismes actuels : affichage de la sensibilité (de 25 à 3 200 ISO), mise au point, exposition de la surface sensible, entraînement et rebobinage, flash.

La mise au point automatique, grâce à un capteur constitué d'un réseau de cellules, prend en compte la netteté de l'image en de multiples points sur la largeur du champ. Un microprocesseur détermine le réglage optimal à partir d'algorithmes établis par le fabricant (système dit *ESP Fuzzy Logic*). Le réglage peut descendre à 0,60 m en position “macro”. L'utilisateur peut toujours intervenir en mémorisant une mise au point ou en débrayant le système.

L'automatisme de l'exposition est obtenu selon deux modes : programmation totale (l'appareil règle le diaphragme et la vitesse entre 15 secondes et 1/2 000 seconde) et priorité au diaphragme (l'utilisateur sélectionne ce diaphragme, le posemètre réglant la vitesse). Le régale manuel est possible. Pour ce faire, il dispose de deux méthodes de mesure de la lumière : spot (sur une zone centrale du viseur, ce qui permet de déterminer l'exposition pour telle ou telle plage du sujet) ou intégrale à prédominance centrale, c'est-à-dire sur tout le champ du zoom.

Précisons ici qu'en automatisme total, la mesure de la lumière se fait aussi sur tout le champ, mais qu'un microprocesseur prend alors en considération les valeurs au centre et sur la périphérie de ce champ pour déterminer l'exposition optimale selon, là encore, des algorithmes du système dit *ESP Fuzzy Logic*.

L'automatisme de l'exposition est aussi assuré au flash après mesure de la lumière de l'éclair sur le film.

En effet, Olympus IS-1000 possède un flash intégré à deux tubes éclair superposés, ce qui permet son adaptation automatique à la focale en service ou à la distance de mise au point (il y a donc couplage avec les réglages de focale et de mise au point). Pour des sujets éloignés ou en téléobjectif, le tube éclair inférieur fonctionne à forte puissance ; pour des sujets rapprochés, en “macro” et en courte focale, c'est le tube supérieur qui entre en service. Le nombre-guide de ce flash est de 20 pour 100 ISO. Il peut être remplacé par un flash complémentaire Olympus (se fixant dans une griffe) de nombre-guide 40.

Bien entendu, tous les types de réglages sont possibles : automatique, manuel, éclairage complémentaire pour adoucir les contre-jour en lumière du jour, production de plusieurs éclairs secondaires avant l'éclair principal dans le cas du portrait pour provoquer la fermeture de la pupille de l'œil et empêcher ainsi l'effet dit “des yeux rouges” (produit par l'éclairement de la rétine). Si l'utilité de cette dernière possibilité nous parait contestable (elle ne permet pas de saisir une expression et provoque parfois une grimace avec les personnes ayant les yeux sensibles à la lumière), les autres caractéristiques n'appellent pas de critiques majeures. Leur fonctionnement s'est révélé normal sur le boîtier essayé.



Seulement 16 lentilles pour le zoom de l'Olympus IS-1 000 ; cette caractéristique a été rendue possible par la capacité de correction très poussée de la seconde lentille. Celle-ci, en verre ED très tendre, est située juste derrière la lentille frontale qui la protège des agressions extérieures. On distingue aussi le couloir de film au dessin en "S". Sur le capot, les deux tubes de flash sont présentés en service (ils sont rabattus en cas contraire). Quant au boîtier, il est très ramassé autour du système optique.

A noter que, sur celui-ci, les étalonnages opérés par Olympus sont très rigoureux et conviennent particulièrement aux films inversibles (pour diapositives). Ils assurent en effet un rendu correct des lumières, sans surexposition. Ils conviennent moins bien aux négatifs lorsque les sujets sont très contrastés. Malgré la tolérance de pose de pellicules comme les Gold de Kodak ou les Fujicolor, nous avons obtenu un certain nombre de clichés un peu trop sous-exposés dans les ombres, ce qui n'a pas permis de très bons tirages sur papier.

Toutefois, l'on ne saurait considérer cette caractéristique comme un défaut, l'appareil étant étalonné pour des diapositives. Bien entendu le remède existe pour les boîtiers présentant cette particularité : programmer une correction d'un diaphragme avec les films négatifs.

Comme tous les appareils modernes, l'Olympus IS-1 000 possède encore de nombreuses caractéristiques comme la correction automatique d'exposition programmable par quart d'indice de lumination, l'affichage des paramètres sur écran à cristaux liquides, le déclenchement continu à la fréquence de 1,8 image par seconde, la surimpression et le retardateur. Son poids atteint 875 grammes sans piles (celles-ci, au nombre de 2, sont du type lithium 3V).

Divers accessoires augmentent les possibilités de l'IS-1 000 : compléments optiques élargissant les focales du zoom à 28 et 200 mm, lentille "macro" permettant d'abaisser la distance de prise de vue à 40 cm (donnant un grandissement de 0,4 X), correcteurs de la vision de −2 à +2 dioptries.

En définitive, l'Olympus IS-1000 nous est apparu comme un excellent appareil, qui est destiné d'abord à des amateurs avertis ; en effet si ses possibilités sont très vastes, encore faut-il avoir la volonté de les exploiter.

Pour ces utilisateurs, il n'a pas, à nos yeux, de défauts importants. Tout au plus peut-on regretter la faible luminosité de son objectif : 4,5-5,6. Mais c'est un inconvénient actuellement inhérent aux zooms qui ne sont jamais aussi lumineux que des objectifs à focale fixe. Cela pourrait gêner pour le cadrage, mais ce n'est pas le cas avec l'ISO-1 000 dont le viseur est très clair. Reste l'exposition : il est certain que la faible ouverture réduit les cas d'utilisation des films les plus fins, ceux de moins de 100 ISO de sensibilité.

Roger Bellone

(1) Prix : 3 800 F.

SCIENCE & JEUX

Une horloge solaire perpétuelle

PHYSIQUE AMUSANTE

Toute lumière porte de l'énergie ; l'agrément ressenti quand on passe de l'ombre au soleil par une journée d'automne un peu fraîche en apporte la preuve : l'apport calorifique dû au rayonnement fait bien partie des réalités tangibles et n'a pas besoin d'être démontré.

Mais la chose est si naturelle qu'elle est longtemps passée inaperçue des physiciens, et il fallut l'avènement de la thermodynamique pour qu'on ait enfin des lois et des formules sans lesquelles il n'est pas de vraie discipline scientifique.

La lumière, on le sait maintenant, est une radiation électromagnétique ; elle a donc des caractéristiques à la fois électriques et magnétiques, et il était logique de tenter de l'utiliser non seulement pour se réchauffer ou pour bronzer, mais pour donner du courant. Profiter de la chaleur du soleil pour alimenter en énergie une machine thermique, puis faire tourner un alternateur avec cette machine est certes faisable, mais avec un rendement tellement faible que l'intérêt de cet ensemble est très précisément égal à zéro.

En revanche, la conversion directe de la lumière en courant est d'un grand intérêt, mais le rendement ne fut appréciable que du jour où l'on disposa des semi-conducteurs. En effet, la lumière peut être considérée comme un flux de grains d'énergie, les photons. Quand ces photons heurtent les atomes d'un matériau, ils peuvent arracher les électrons périphériques si leur énergie est suffisante.

Si le matériau est un métal, les électrons arrachés par la lumière se trouvent noyés au milieu de tous les électrons libres qui y sont déjà et aucun phénomène particulier n'apparaît ; s'il s'agit d'un isolant, les électrons sont trop solidement liés aux atomes pour que l'action du rayonnement soit décelable. Mais s'il s'agit d'un semi-conducteur, matériau intermédiaire entre les conducteurs et les isolants, alors les collisions entre photons et atomes peuvent donner un courant.

Rappelons ici que le courant électrique est dû au déplacement de particules chargées, lesquelles peuvent être des électrons — cas des métaux — ou des ions (+) et (−), comme c'est le cas avec les électrolytes. Les semi-conducteurs sont faits à partir de cristaux dits covalents, qui sont normalement isolants parce que les électrons y sont liés très fortement aux atomes et ne peuvent donc se déplacer. Il existe pourtant des cristaux, dits semi-conducteurs intrinsèques (i), qui laissent faiblement passer le courant.

D'un autre côté, si l'on ajoute quelques atomes étrangers dans la maille cristalline de ces cristaux semi-conducteurs, on peut obtenir qu'il y ait soit des électrons excédentaires donc libres — type (n), soit des lacunes d'électrons dites trous, qui se comportent comme des charges positives mobiles — type (p). La conduction du courant est bien loin de celle des métaux, mais elle n'est pas non plus voisine de zéro comme c'est le cas dans les isolants purs.

Quand les photons de la lumière entrent en collision avec les atomes d'un semi-conducteur, ils créent des paires électrons/trous qui peuvent être séparées par la présence d'un champ électrique : les électrons vont aller d'un côté, les trous de l'autre, et ce double mouvement de charges constitue un courant que l'on peut recueillir.

La photopile va donc comporter une couche de semi-conducteur (p), une couche de semi-conducteur intrinsèque (i) et une couche de semi-conducteur (n). C'est au sein de la couche (i) que l'interaction lumière/matière crée des paires d'électrons/trous. Celles-ci seront ensuite séparées par le champ électrique, qui est dû à la présence d'un côté du type (n) vers lequel se dirigent les trous, et de l'autre côté du type (p) où vont les électrons.

A moins de multiplier la surface active, le courant débité par les cellules solaires n'est jamais très fort. Mais il est largement suffisant pour assurer l'entretien de dispositifs faibles consommateurs d'énergie, comme par exemple des calculatrices ou des horloges à quartz. C'est d'ailleurs ce que nous allons faire en montant une pendule perpétuelle qui se contente d'une petite quantité de lumière chaque jour pour donner l'heure tout au long

des siècles.

C'est grâce à SOLEMS, une société qui s'est spécialisée dans la conception et la fabrication de photopiles en silicium amorphe, que nous allons pouvoir disposer d'un module complet comprenant le cadran (le panneau solaire), le mouvement, le régulateur de charge de l'accumulateur cadmium-nickel et les aiguilles. Il ne nous restera plus qu'à construire autour de ce bloc un boîtier fonctionnel destiné à l'abriter.

Le matériel à réunir est le suivant :

• Polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur ; disponible, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnassse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron, BP 609, 57206 Sarreguemines Cedex.

• Cadran (photopile), aiguilles, mouvement et accumulateur cadmium-nickel ; franco de port pour 250 F en écrivant à SOLEMS, 3 Rue Léon-Blum, 91120 Palaiseau.

L'ensemble de ce dispositif a été conçu pour un fonctionnement permanent dans une lumière ambiante normale. Il est même déconseillé de la laisser en plein soleil. Il faut tout de même un minimum de lumière pour pouvoir à la fois charger l'accumulateur et faire tourner le moteur. Nous verrons en temps utile comment fonctionne le test de sensibilité qui lui a été adjoint.

Contrairement aux cellules solaires ordinaires qui utilisent le silicium cristallisé où les atomes sont rangés en ordre géométrique, les cellules SOLEMS sont faites à partir de silicium amorphe : la structure atomique est désordonnée comme celle d'un verre. Il en résulte qu'une fraction importante des liaisons interatomiques sont coupées à cause des variations d'angle et de distance entre les atomes.

Ces liaisons, dites pendantes, doivent être saturées — c'est-à-dire occupées — par des atomes d'hydrogène pour que le silicium amorphe devienne semi-conducteur. Celui-ci a un coefficient d'absorption de la lumière très élevé (1 000 fois plus que le silicium cristallin) et il suffit d'une épaisseur de l'ordre du fm pour réaliser des photopiles efficaces.

Le dépôt des différentes couches de matériau semi-conducteur s'effectue sur un support en verre. On aura d'abord une couche conductrice transparente (électrode en oxyde d'étain), puis les trois couches dont nous avons parlé p/i/n, et enfin une couche métallique qui constitue la seconde électrode de la cellule. La face arrière est recouverte à titre de protection d'une résine colorée épaisse de 0,5 mm.

La cellule carrée (14 cm de côté) que nous utilisons a un rendement suffisant pour alimenter le mouvement à quartz et recharger l'accumulateur, même en ambiance lumineuse faible. Nous n'aurons d'ailleurs pas à la manipuler puisque nous disposerons du module complet (***figure 1***) comprenant le moteur, son régulateur de tension l'accumulateur et la photocellule tenant lieu de cadran (***figure 2***).

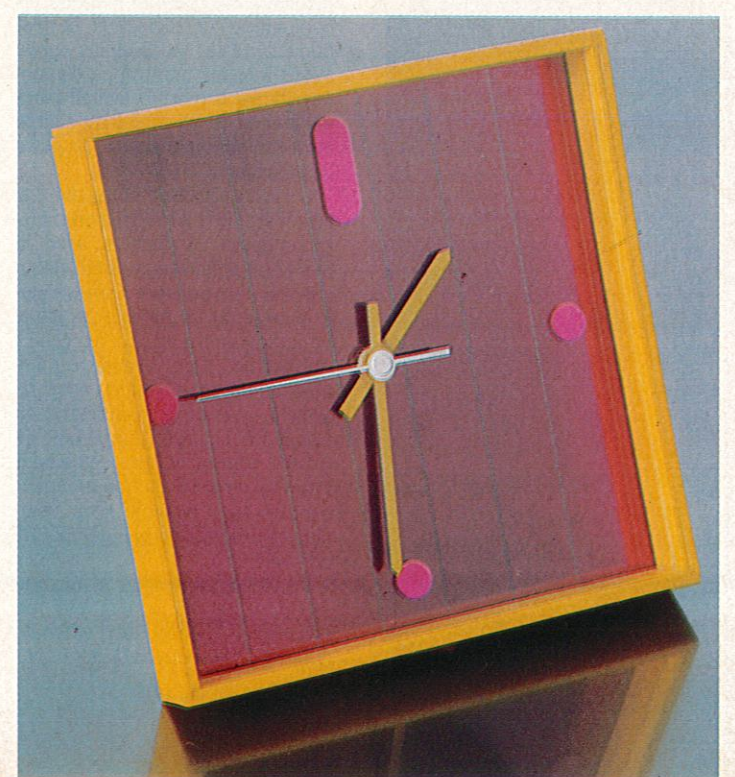
Toutes les liaisons électriques sont faites en sortie de chaîne ; il ne reste donc qu'à mettre en place les aiguilles (***figure 3***) en commençant par celle des heures, puis celle des minutes et enfin celle des secondes (il faut respecter cet ordre). Si cette dernière tourne, on fera glisser l'inverseur (voir ***figure 1***) sur la position T (pour test). Dans cette position, l'accumulateur est mis hors circuit : le moteur est directement actionné par la photopile.

Afin de pouvoir mettre les trois aiguilles sur la position midi et les déplacer sans forcer le mécanisme — qui, comme tout système d'horlogerie, est fragile —, on se placera dans une ambiance lumineuse suffisamment faible pour que l'aiguille des secondes reste immobile. Le fait de les mettre toutes superposées en position midi assurera le maintien du calage des heures et des minutes et respectera leurs déplacements angulaires relatifs.

En regardant l'ensemble de profil, on s'assurera de la parfaite horizontalité des trois aiguilles (***figure 3***), cela afin d'éviter absolument qu'elles ne se touchent en tournant. Par la suite, la mise à l'heure se fera exclusivement en tournant le bouton moleté accessible au dos du mécanisme (***figure 1***).

On pourra également, si on le désire, marquer les positions 12, 3, 6 et 9 heures par des pastilles adhésives. En réalité, ces indications ne sont pas absolument nécessaires. En tout cas, si on tient à les afficher, il faut savoir que les surfaces ainsi cachées diminueront la puissance de la photopile : il faut donc limiter la taille des pastilles.

Cela terminé, on mettra soigneusement de côté le module à un



endroit où il sera protégé de la poussière et posé de telle façon que les aiguilles puissent tourner sans rencontrer aucun obstacle. On passe ensuite à la construction du boîtier et du socle en se référant aux ***figures de 4 à 7***.

On commencera par tracer, marquer au cutter, couper et poncer les pièces constitutives du boîtier — pièces de A à M, toutes en polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur. Notons que les mêmes plans conviennent à deux façons d'utiliser la pendule, soit en élément mural, soit en pendule de table. Dans le premier cas, les pièces M et M1 (équerres) sont inutiles.

La réalisation du boîtier ne pose d'autre difficulté que la précision des tracés et le respect des cotes. Il s'agit seulement de fabriquer un volume rectangulaire comportant des rainures où viendront se loger et s'immobiliser la glace du cadran et le cadran-photopile. La glace sera en verre ou en Plexiglass (carré de 145 mm de côté). Bien entendu, il faut soigner également les angles droits, faute de quoi des difficultés surgiraient au moment de l'assemblage.

Le couvercle est formé par les pièces de A à F1, plus la glace dont les cotes sont données ***figure 4***. Elles sont disposées comme indiqué ***figure 5***. On notera que les pièces C, C1, D et D1, collées à affleurement de A, A1, B et B1, formeront une rainure sur laquelle viendra se caler le verre. Vues de face, elles se disposeront comme indiqué dans le détail de la ***figure 5***.

Les pièces de E à F1, collées à plat, enserreront le verre, et leur partie postérieure maintiendra le cadran et le fond du boîtier. Afin de s'assurer de l'ajustement des pièces, il est souhaitable de les mettre en place en les fixant provisoirement avec deux points de colle. Après vérification et ponçage soigneux des tranches, on effectuera alors le collage définitif, lequel doit maintenir serré le verre et laisser de la place pour le cadran et le fond.

Comme ces travaux auront immanquablement répandu des particules de plastique (et des traces de doigts sur les verres), il faudra, après séchage parfait, les éliminer soigneusement — mouchoir en papier et alcool. Il reste à mettre un fond au boîtier — ***figures de 6 à 8***. Afin de ne pas en augmenter l'épaisseur, nous avons prévu un logement pour le mécanisme proprement dit. Par ailleurs, comme les commandes de réglage et de test doivent rester accessibles, nous avons ménagé une trappe d'accès formée par la pièce L, laquelle sera maintenue en place par un simple morceau de ruban adhésif en guise de charnière.

Le fond est donc constitué par les pièces de G à M1 que l'on tracera, coupera et poncera avec la meilleure précision possible. Selon que l'on aura opté pour une pendule murale ou un modèle de table, on lui adjoindra ou non les équerres M et M1. Cela terminé, on disposera le fond en place — voir ***figure 5*** — et on le maintiendra en place par quatre morceaux de ruban adhésif. C'est seulement après un contrôle du bon fonctionnement de la pendule qu'on remplacera les rubans par des points de colle.

Le mécanisme, nous l'avons vu, est alimenté par la photopile qui constitue le cadran. Bien entendu, l'horloge doit pouvoir fonctionner même dans l'obscurité, faute de quoi il faudrait la remettre à l'heure tous les jours. C'est pourquoi un accumulateur tampon est intercalé dans le circuit, via un circuit de régulation.

Il faut donc placer l'horloge dans une pièce qui ne reste pas constamment obscure. Fort heureusement, les photopiles en silicium amorphe ont des caractéristiques telles que leur rendement est bon même dans les faibles éclairements. Et celle qui alimente notre horloge a été choisie d'une surface et d'une puissance suffisantes pour

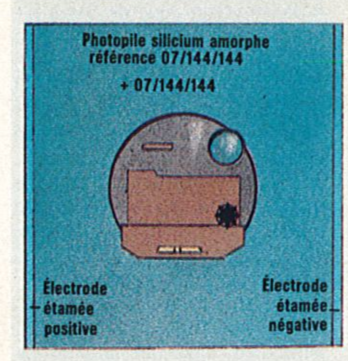


Figure 1. Le mécanisme (vu de l'arrière).

Figure 2. Vue de l'arrière.

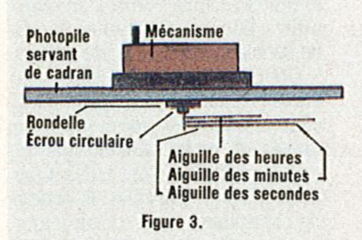


Figure 3.

La machine de Van Graaff : à l'occasion de notre article de septembre, M. Legout, professeur de physique, nous a envoyé la photo d'une machine qu'il a construite en 1985.



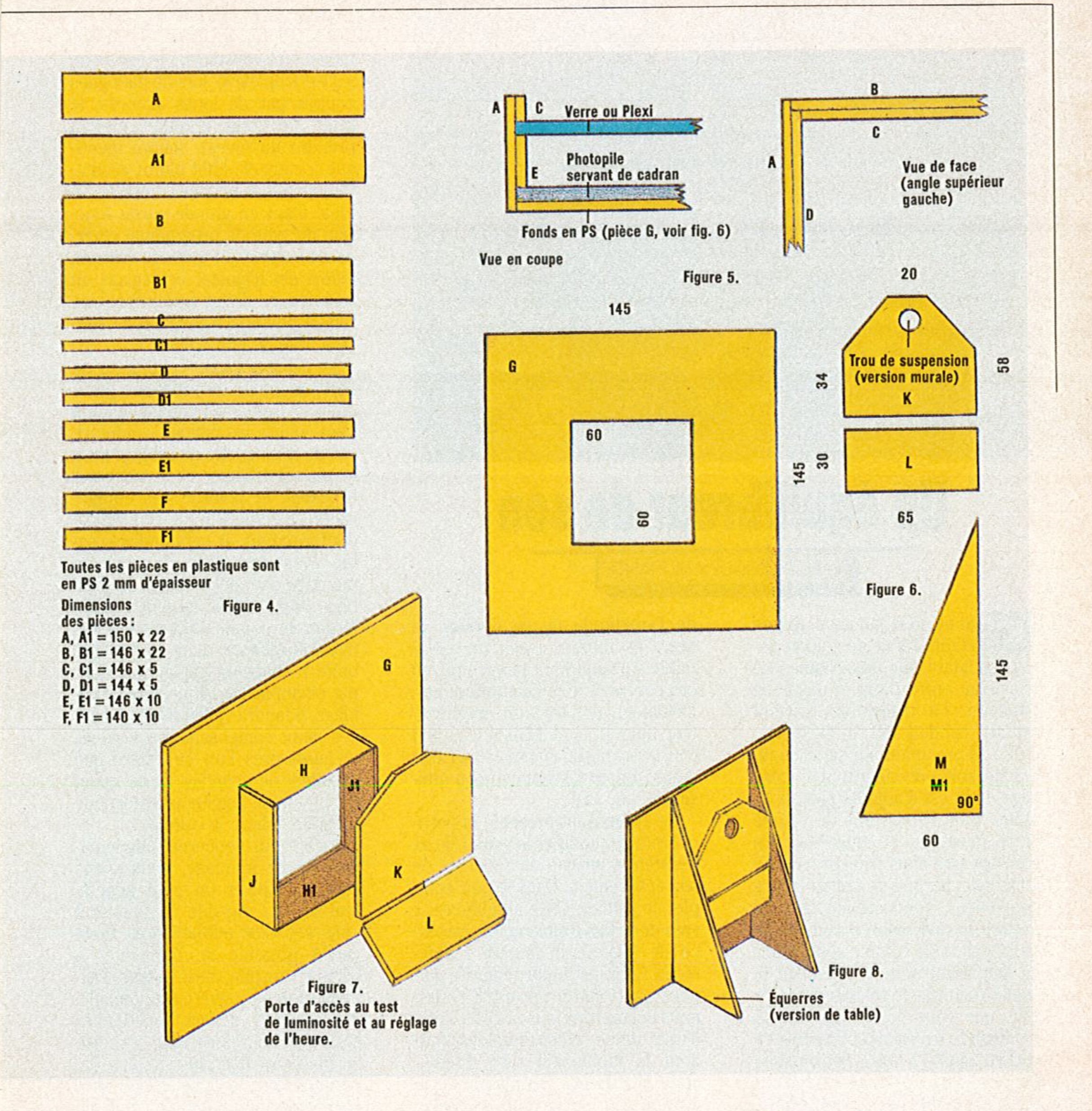


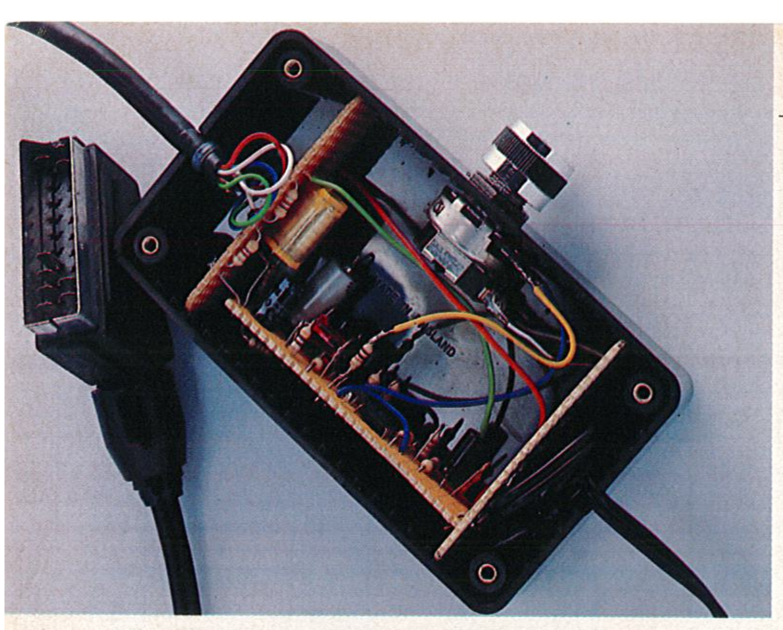
Figure 7.
Porte d'accès au test de luminosité et au réglage de l'heure.

assurer un bilan énergétique positif quand elle est placée dans un endroit éclairé normalement de six à huit heures par jour. Lorsque l'accumulateur est chargé, il est capable d'alimenter le mouvement, dans l'obscurité totale, pendant plus d'un mois.

Afin de vérifier cependant que la luminosité est suffisante, un test a été prévu qui fonctionne fort simplement. Le commutateur étant dans la position "T", ***figure 1***, on place l'horloge à l'endroit désiré. Dans cette position, l'accumulateur est hors circuit. Si la trotteuse tourne, cela signifie que la lumière reçue par la photopile est suffisante, à la fois pour alimenter le moteur et charger l'accu. L'endroit convient donc à condition que l'éclairement reste du même ordre pendant toute la journée.

Si, en revanche, l'aiguille des secondes reste immobile, il faut trouver un autre endroit mieux éclairé. Cela fait, il ne reste plus qu'à remettre le commutateur en position "M" — l'accumulateur se charge — et à mettre à l'heure l'horloge en tournant le bouton moleté de réglage (***figure 1***). Bien entendu, rien n'empêche de modifier les proportions et le dessin de notre horloge perpétuelle et de retrouver ainsi l'art des belles pendules.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier



Un équilibreur de son

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

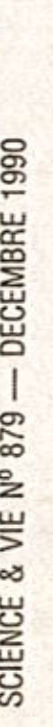
Qui ne s'est jamais plaint de la différence de volume sonore existant sur nos chaînes de télévision entre films et pages de publicité. La transition, souvent brutale, conduit soit le téléspectateur à se précipiter sur sa télécommande, soit à réveiller tout le voisinage. Il en est d'ailleurs parfois de même lors d'émissions de variété entre musiques et interviews. Le montage que nous vous proposons ce mois-ci permet de pallier cet inconvénient. Connecté sur la fiche Péritel du téléviseur, il compensera les écarts de volume sonore soit en amplifiant soit en atténuant le signal reçu par le téléviseur, et ce sans que vous deviez agir sur la commande de volume. Une fois ce dernier ajusté à votre convenance par le réglage de volume, il restera constant, publicité ou non. Précisons cependant que si notre montage ne modifie pas la dynamique instantanée du son il agit, en revanche, sur les écarts de niveau à moyen et long terme. Son usage est donc à proscrire lors d'audition de musique classique sous peine de voir prendre aux piannissimi la même ampleur que celle des fortissimi.

Le principe de fonctionnement de notre montage est celui d'un amplificateur non linéaire. c'est-à-dire que le rapport d'amplification signal de sortie sur signal d'entrée ne sera pas constant en fonction de l'amplitude de ce dernier. Si notre équilibreur reçoit un signal faible il l'amplifiera beaucoup ; en cas contraire il ne l'amplifiera pas. L'élément clef sera un amplificateur opérationnel. Mais ici, au lieu de fixer son gain en tension à l'aide d'une simple résistance nous utiliserons une LDR.

Ce composant présente la particularité de modifier la valeur de sa résistance interne en fonction de son éclairement. Dans le noir complet, le gain de notre amplificateur sera donc élevé alors qu'en présence de lumière il chutera rapidement. C'est cette particularité que nous mettrons ici à profit. En effet, nous éclairerons notre LDR à l'aide d'une diode électroluminescente dont la luminosité sera directement pilotée par l'amplitude de la tension de sortie du montage. Ainsi, si celle-ci est trop élevée, la diode s'illuminera fort, et, par voie de conséquence, le gain chutera. En cas contraire, la diode s'éteindra et le gain remontera. Cela conduit à faire fonctionner l'appareil toujours à la limite d'allumage de la diode et l'oblige donc à délivrer à sa sortie un signal d'amplitude constante ; ce qui est bien le but recherché. Notons qu'un potentiomètre, placé en parallèle sur la LDR permet de faire varier le "taux de compression" du signal. En effet, si celui-ci est trop faible, des écarts de niveau peuvent tout de même être constatés. Inversement, s'il est trop élevé, lors de dialogues coupés par de longs silences, le bruit de fond remonte jusqu'à prendre un niveau sonore identique à ceux-ci ; effet plûtot génant. Cependant, le taux de compression idéal étant en grande partie fonction du type de programme regardé et surtout du goût de chacun, l'idéal est d'ajuster ce réglage en fonction de l'effet recherché. Une fois la position trouvée, il ne sera plus utile de la modifier.

Le câblage de cet équilibreur ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra cependant veiller à bien couper les bandes conductrices de la plaquette de câblage sous le circuit intégré, et à respecter brochage et polarité des composants. La lumière étant ici porteuse d'information, il sera indispensable, avant tout essai, de munir ce montage d'un petit boîtier en plastique noir ou, tout au moins, d'enfermer le couple LDR-diode électroluminescente dans une petite boîte réalisée en papier fort noir, par exemple. De même, lors du câblage, il faudra veiller à bien placer ces deux composants en vis-à-vis et aussi près l'un de l'autre que possible de manière à ce qu'un maximum de lumière provenant de la diode éclaire la cellule.

En ce qui concerne l'alimentation de ce montage, nous avons choisi d'utiliser un petit adaptateur-secteur capable de fournir 9 volts sous 300 milliampères. Il est certes possible de l'alimenter à partir d'une pile, mais ce type d'alimentation n'est guère économique, cet appareil devant fonctionner plusieurs heures de rang. Sa mise en place est des plus simples. En premier lieu, la fiche Péritel sera connectée au téléviseur puis ce dernier sera allumé. Ici, rien ne doit changer : le téléviseur fonctionne avec un son normal. Le potentiomètre de réglage du taux de compression sera mis sur sa position maximale et l'alimentation sera branchée. Aussitôt, le montage prend la main. Cela se manifeste par une forte atténuation du son, sans modification de l'image, puis par sa remontée progressive, en environ une seconde, au niveau d'équilibrage. Celui-ci est d'ailleurs légérement supérieur au niveau de départ. On ajustera alors le bouton de volume du téléviseur à sa con-



IMPLANTATION DES COMPOSANTS

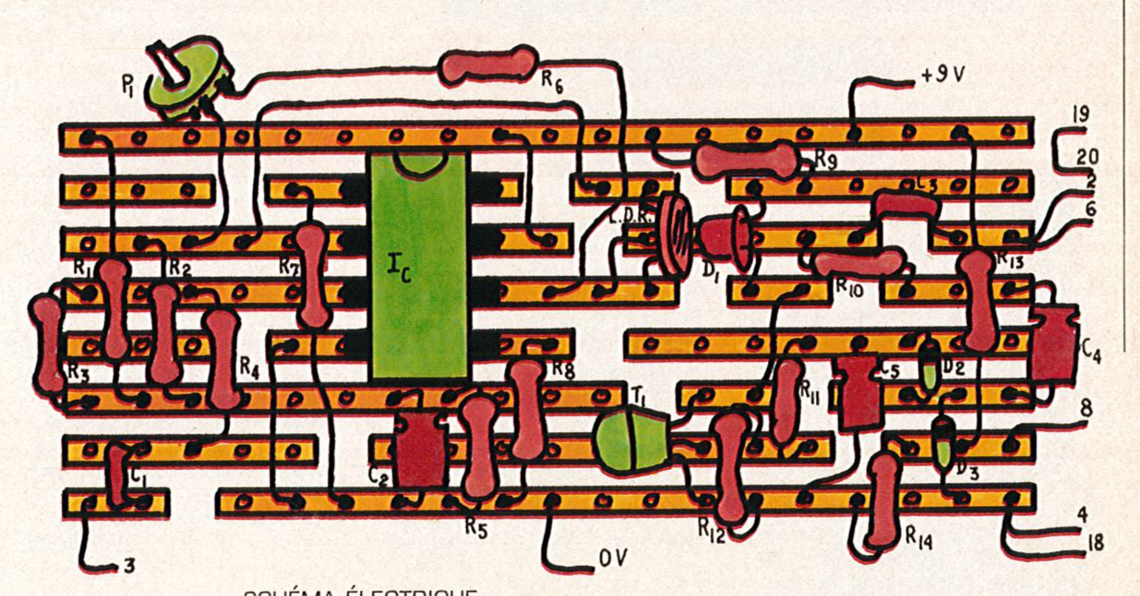
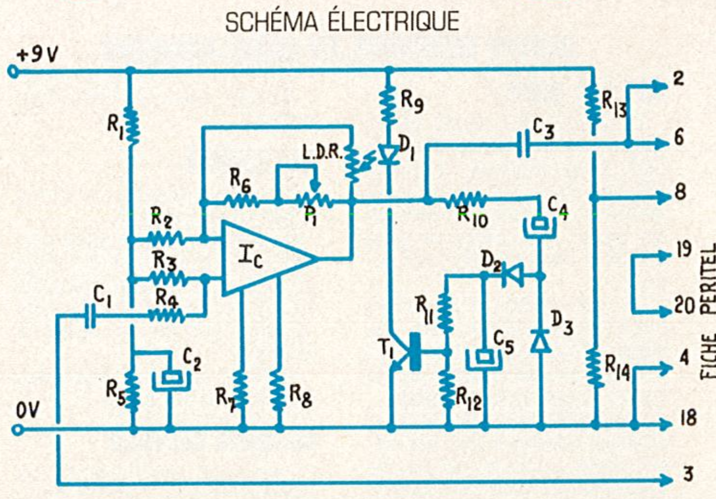


SCHÉMA ÉLECTRIQUE



OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. (1) 43 79 39 88

△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52

△ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse.

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

NOMENCLATURE

$R_1=R_2=R_5=R_8=R_{13}=R_{14}=4,7$ KΩ (jaune, violet, rouge, or)

$R_3=R_6=22$ KΩ (rouge, rouge, orange, or)

$R_4=R_{12}=$ 47 KΩ (jaune, violet, orange, or)

$R_9=$ 470 Ω (jaune, violet, brun, or)

$R_{10}=220$ Ω (rouge, rouge, brun, or)

$R_{11}=$ 15 KΩ (brun, vert, orange, or)

$P_1=$potentiomètre 470 KΩ linéaire

$C_1=C_3=$ 100 nF

$C_2=C_4=$ 22µF 12 V

$C_5=$ 220 µF 12 V

Ic= UA 741

$T_1=$ 2N 3904 ou 2N 3906

$D_1=$ diode électroluminescente (patte la plus longue vers R_{10})

$D_2=D_3=$ 1N 4148 ou 1N 914

LDR= cellule photosensible

Adaptateur secteur 9 V 300 milliA

Fiche Péritel mâle ⟶

venance et, éventuellement, celui du taux de compression. A partir de là le niveau sonore fourni sera absolument constant.

Pour terminer, précisons que notre montage pourra rester en permanence connecté sur le téléviseur et être alimenté par le secteur sans aucun risque, sa consommation en "veille" étant très faible. Pour retrouver un son normal, il suffit de débrancher l'alimentation sans avoir à toucher à la fiche Péritel. Dans les cinq secondes qui suivent, l'appareil rend automatiquement la main au son direct, et la dynamique à long terme se trouve restituée. **Henri-Pierre Penel**



Un magazine télé pour le championnat !

JEUX MATHÉMATIQUES

Branchez vos cerveaux, le Ve Championnat international des jeux mathématiques va bientôt démarrer ! Si l'ingéniosité et l'humour seront de nouveau présents à ce rendez-vous, une grande nouveauté viendra pimenter le coktail.

En effet, le départ du championnat sera donné le lundi 3 décembre à 10 heures au cours de la première d'un magazine télé consacré aux mathématiques et diffusé sur FR3 : *Tangente*.

Pendant vingt-six minutes, des fictions intitulées “Enigmes de la vie ordinaire” alterneront avec des animations répondant au titre évocateur de “Friandises mathématiques”. En prime, vous pourrez noter tout ce qu'il faut savoir sur les conditions de participation au championnat et sur le genre d'épreuves proposées. Le premier jeu vous sera d'ailleurs présenté à la fin de l'émission.

Puis, à partir du lendemain (le 4 décembre), *Tangente* ne durera plus que dix minutes et sera programmée suivant un rythme hebdomadaire, chaque mardi (sauf Noël et le jour de l'An) entre 10 h 20 et 10h30. Une question du championnat sera posée à la fin. On pourra gagner chaque semaine (de nombreux lots sont en jeu, dont les “supercalculatrices” HP 48 SX) en répondant sur Minitel 3615 code JEULOGIC à la question de la semaine.

On pourra également prendre part au championnat en répondant à l'ensemble des questions, toujours par Minitel ou par le biais d'un des journaux associés au championnat.

Comme l'an dernier, les adultes pourront répondre par l'intermédiaire de *Science & Vie* dans l'une des catégories GP (grand public) ou HC (haute compétition). Le bulletin réponse sera publié le mois suivant dans ces colonnes. Pour ceux qui ont déjà atteint une finale lors d'un des derniers championnats, pas de choix : la haute compétition est obligatoire.

L'autre support qui publiera les bulletins-réponse adultes est le dernier-né des journaux à se joindre au championnat : *JOUER*. Un nouveau magazine qui à l'occasion de chaque numéro édite un supplément optionnel consacré aux jeux mathématiques.

Les scolaires seront répartis en trois groupes.

C1 — élèves de 6e et de 5e, qui devront répondre aux quatre premières des huit questions.

C2 — élèves de 4e et de 3e : qui répondront aux six premières questions

LY — lycéens. Pour eux, comme pour les adultes, toutes les questions sont obligatoires.

Pour les collégiens qui ne désirent pas répondre par Minitel, le bulletin-réponse est à découper soit dans *Okapi* (en kiosques début janvier), soit dans *Le Jeune Archimède* (abonnements : 210 rue du Faubourg-Saint-Martin, 75010 Paris). Les lycéens, quant à eux, auront le choix entre *Phosphore* et le bimestriel *Tangente* (même adresse que *Le Jeune Archimède*).

Alors, grands ou petits, athlètes de la logique, ou amateurs éclairés, ne vous laissez pas distancer : le départ est pour bientôt. Et *Science & Vie* vous confie en avant-première les énoncés des quatre premiers jeux.

A vos calculs. Prêts ? Partez !

Gilles Cohen

QUATRE QUESTIONS EN AVANT-PREMIERE

Eh ! Les gants !

Le petit Geoffroy Audoy est un garçon très désordonné. Dans un tiroir de sa commode, on trouve pêle-mêle trois paires de chaussettes bleues, trois paires de chaussettes rouges, cinq paires de gants marron et cinq paires de gants jaunes.

Un matin d'hiver, il fait encore nuit et l'électricité est en panne. Les doigts de Geoffroy sont tellement engourdis qu'il est incapable de distinguer un gant d'une chaussette.

Combien Geoffroy doit-il sortir au minimum d'éléments pour être certain d'avoir au moins une paire de chaussettes assorties et une paire de gants assortis ?

Jean de la fontaine

Dans un pays lointain, il y a bien longtemps, le seigneur du lieu dit à Jean :

— Voici deux cruches en cuivre, l'une contient exactement huit pintes et l'autre onze pintes. Va à la fontaine et, sans l'aide d'aucun objet, rapporte-moi exactement quinze pintes. De plus, je t'impose l'épreuve suivante :

- à chaque fois que tu rempliras, tu me donneras un écu.
- A chaque fois que tu videras, tu me donneras un écu.
- A chaque fois que tu transvaseras, tu me donneras un écu.

Jean qui n'était pas riche, trouva la solution qui lui reviendrait au moindre coût.

Combien Jean a-t-il dû donner d'écus ?

Les régions

En traçant une droite, on partage le plan en deux régions.

En traçant une autre droite coupant la première, le plan est partagé en quatre régions ; avec une droite de plus, on obtient sept régions. Ne cherchons pas où est passée la huitième !

Combien de régions obtient-on, au plus, avec cent droites ?

La revue aérienne

Lors d'une revue aérienne, les avions ne passent qu'en “formation parfaite”, c'est-à-dire en formant un triangle, comme on le voit sur le dessin.

Une “démonstration aérienne” est une formation parfaite qui se divise en deux groupes, reformant deux formations tout aussi parfaites et de même taille.

Lors de cette revue aérienne, il y avait nettement plus de six avions mais moins de 1991 qui purent effectuer une “démonstration aérienne”. Combien y avait-il d'avions ?

Le tour du ciel

JOURNAL DE L'ASTRONOME

A une même heure de la nuit, on ne voit pas les mêmes étoiles à la même place d'un mois à l'autre. C'est la conséquence directe de la rotation de la Terre autour du Soleil. Ainsi, au fil des saisons, les constellations défilent dans le ciel.

La plupart des livres d'initiation à l'observation céleste découpent la voûte céleste en groupes de constellations, selon la période à laquelle elles sont visibles. On parle des constellations de printemps, d'été, d'automne ou d'hiver, considérant ainsi qu'une constellation est bien visible lorsqu'elle se trouve au méridien ou à ses alentours en début de nuit. Il est vrai que c'est alors sa position la plus favorable, puisqu'elle culmine au-dessus de l'horizon et se trouve donc dégagée au maximum des turbulences et des perturbations de la basse atmosphère. Par ailleurs, il est plus facile au néophyte ou à l'amateur d'observer en début de nuit qu'au milieu ou au petit matin.

Il y a pourtant une période de l'année pendant laquelle il est possible d'observer la quasi-totalité du ciel au cours d'une seule nuit. C'est à ce véritable tour du ciel que nous vous convions.

Etoiles visibles ou invisibles. La première question qui se pose est de savoir quels sont les objets visibles en un lieu donné. Cela est fonction de la latitude du site d'observation (φ) et de la déclinaison de l'astre (δ), celle-ci étant, rappelons-le, sa hauteur au-dessus ou en dessous de l'équateur céleste, comptée de 0 à 90° vers le pôle céleste nord et de 0 à −90° vers le pôle céleste sud.

Nous avons ainsi dans l'hémisphère boréal (***figure 1***) :

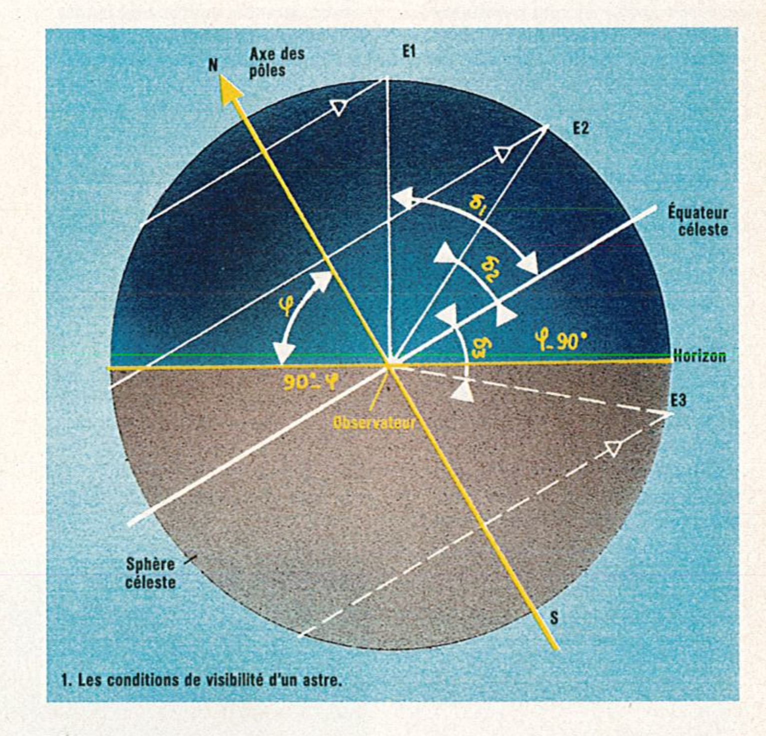
Etoile E_1 ; $\delta_1 \geq 90° - \varphi$: étoile circumpolaire

Etoile E_2 ; $\varphi - 90° < \delta_2 < 90° - \varphi$: étoile à lever et coucher

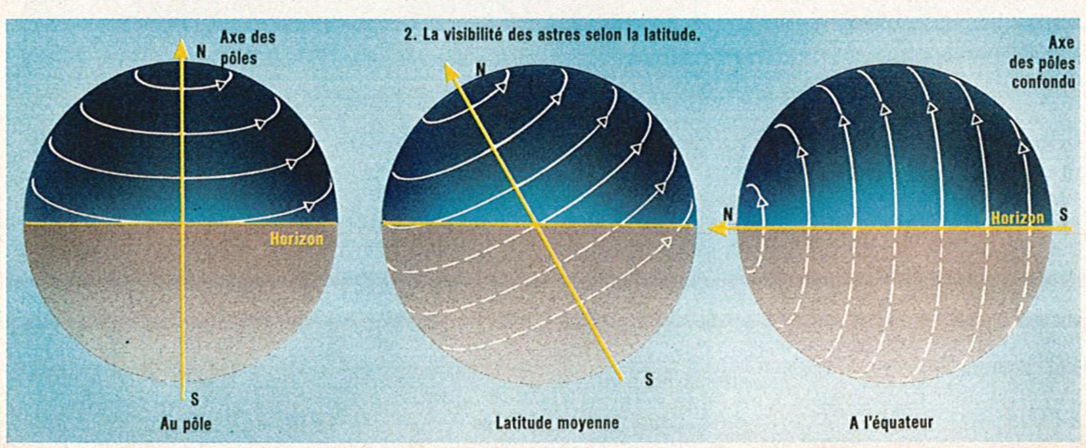
Etoile E_3 ; $\delta_3 \leq \varphi - 90°$: étoile invisible.

Partant de là, on comprend facilement que, en fonction de la latitude, tout ou partie du ciel est visible en un lieu donné. Ainsi, à l'équateur où $\varphi = 0°$, toutes les étoiles se lèvent et se couchent, et une nuit de douze heures permet de toutes les observer. Au pôle, toutes les étoiles sont circumpolaires ; aucune ne se lève et ne se couche. A une latitude intermédiaire, les trois cas sont présents et il faudra une nuit la plus longue possible pour observer un maximum de la voûte céleste (***figure 2***). C'est ce cas, le nôtre, qui nous intéresse.

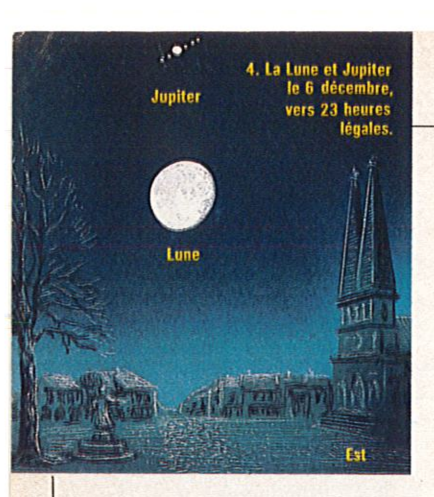
A première vue, on peut se dire



1. Les conditions de visibilité d'un astre.



2. La visibilité des astres selon la latitude.



4. La Lune et Jupiter le 6 décembre, vers 23 heures légales.

que, la Terre tournant en vingt-quatre heures, il faudra une nuit de durée équivalente pour parvenir à observer toutes les constellations. Ce serait exact si nous voulions regarder les étoiles lors de leur passage au méridien, mais il ne faut pas oublier que l'observation est possible à partir du moment où l'astre se trouve au-dessus de l'horizon.

Les étoiles circumpolaires étant visibles toute l'année, examinons le cas des étoiles à lever et coucher. A un instant donné de la nuit, nous pouvons observer, depuis l'horizon est jusqu'à l'horizon ouest, une portion de ciel de 180°, c'est-à-dire la moitié du ciel visible depuis la latitude où nous nous trouvons. Si une étoile se lève exactement à l'est, elle traversera le ciel en douze heures. C'est ainsi pour toutes les étoiles étant sur l'équateur céleste, donc de déclinaison de 0°. Pour les astres d'une déclinaison différente, la formule suivante ([1]) permet de calculer la durée de leur visibilité :

$T = [180° + 2 \arcsin(\text{tg}\,\varphi \times \text{tg}\,\delta)]/15$

où T est la durée de visibilité en heure décimale, φ la latitude de l'observateur et δ la déclinaison de l'astre.

Voici, à une latitude de 49°, pour différentes déclinaisons, la durée de visibilité d'un astre :

d > −41° invisible
d = − 40° 2 h
d = − 30° 6 h 27 mn
d = − 15° 9 h 36 mn
d = 0° 12 h
d = 15° 14 h 23 mn
d = 30° 17 h 32 mn
d = 40° 22 h
d > 41° circumpolaire

La question qui se pose maintenant est : quelles sont les étoiles visibles, en fonction de la durée de la nuit ? Pour cela, il faut déterminer celle-ci pour le lieu d'observation.

La nuit la plus longue. Dans l'hémisphère boréal, c'est en décembre, aux alentours du solstice d'hiver, que les nuits sont les plus longues. En théorie, ce sera celle où le Soleil se couche le plus tôt et où il se lève le plus tard. En fait, cela n'est pas tout à fait le cas. En France et pour les pays de même latitude, on constate que le Soleil se couche le plus tôt entre le 9 et le 15 décembre, tandis qu'il se lève le plus tard entre le 29 décembre et le 6 janvier. La nuit la plus longue est un compromis entre ces dates : le 22 décembre, jour du solstice d'hiver.

Bien entendu, la durée de la nuit est fonction de la latitude précise. En France métropolitaine, les latitudes extrêmes vont de 41°23' pour Bonifacio à 51°03' pour Dunkerque.

Voici les valeurs extrêmes pour la nuit du 22 au 23 décembre :

Ville	Coucher du Soleil	Lever du Soleil	Durée de la nuit
Dunkerque	15 h 44	7 h 54	16 h 10
Paris	15 h 34	7 h 43	15 h 49
Bonifacio	16 h 22	7 h 15	14 h 53

(les heures sont indiquées en temps universel ; pour obtenir l'heure légale, ajouter une heure).

Soit V la durée de visibilité d'un astre, définie par la relation (1) et N la durée de la nuit. Le ciel effectuant une rotation complète en vingt-quatre heures, nous aurons :

Si V ⩾ 24 − N : tous les astres concernés sont visibles au cours de la nuit au moins une fois, certains deux fois.

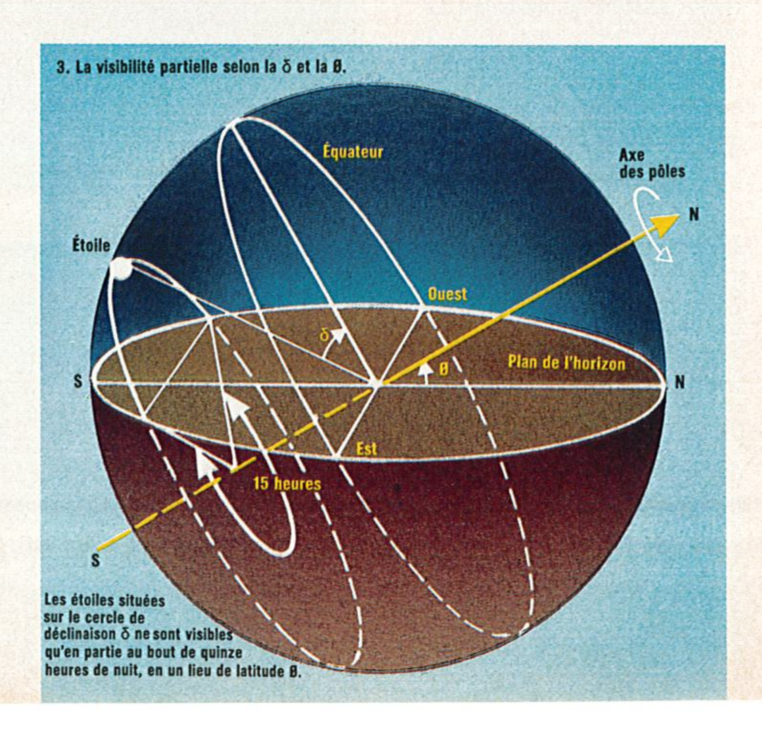
Si V < 24 − N : seulement une partie des astres est visible.

Pour ce dernier cas, voyons, grâce à un exemple, ce qui se passe. Prenons, pour simplifier, une durée de nuit de quinze heures et des astres que leur déclinaison rend visibles pendant deux heures. Au début de la nuit, tous ceux qui sont levés sont visibles ; puis la nuit s'écoule et on peut observer ceux situés à la même déclinaison pendant quinze heures. A la fin de la nuit, on a donc pu voir les : [15+2]/24°, soit 70,8 % des astres concernés (*figure 3*).

Pour déterminer la position de ces astres, il faut faire intervenir leur ascension droite (AD), qui est, en fait, leur longitude céleste.

Ne seront pas visibles les astres dont l'AD est comprise entre l'AD des astres venant juste de se coucher au début de la nuit et AD − (24 − N − V). Dans notre exemple, en supposant que l'AD des astres qui viennent de se coucher est de 22 h 30, ne seront pas visibles les astres de même déclinaison dont l'AD sera comprise entre 15 h 30 et 22 h 30.

Le tour du ciel. Il est temps maintenant de se tourner vers le ciel. Au plan pratique, la durée de la nuit



3. La visibilité partielle selon la δ et la θ.

Les étoiles situées sur le cercle de déclinaison δ ne sont visibles qu'en partie au bout de quinze heures de nuit, en un lieu de latitude θ.

telle que nous l'avons définie commence au coucher du Soleil et se termine à son lever. L'astronome amateur sait bien que, en réalité, les étoiles ne sont pas immédiatement observables dès le coucher et qu'elles disparaissent avant le lever. Il faut donc tenir compte du crépuscule. Nous avons dans cette rubrique (cf. *Science & Vie* de juin 1987) défini les différents crépuscules. Pour notre expérience, il n'est pas nécessaire de voir les étoiles jusqu'à la 6[e] magnitude ni d'attendre la fin du crépuscule astronomique ; la visibilité des étoiles les plus brillantes suffit à reconnaître les constellations. Nous prendrons donc pour référence la fin du crépuscule nautique. Pour les trois cas cités, la durée réelle de la nuit est alors de :

Ville réelle	Nuit théorique	Crépuscule	Nuit
Dunkerque	16 h 10	1 h 23	13 h 24
Paris	15 h 49	1 h 20	13 h 09
Bonifacio	14 h 53	1 h 08	12 h 37

En revanche, il nous faut choisir une nuit sans lune qui, de par son éclat, gênerait considérablement l'observation. Pour la date idéale du 22 décembre, notre satellite, âgé de six jours, brille jusqu'à 22 h 30 : il faut donc une autre nuit. Ce sera aux environs de la nouvelle lune, soit entre le 16 et le 18 décembre.

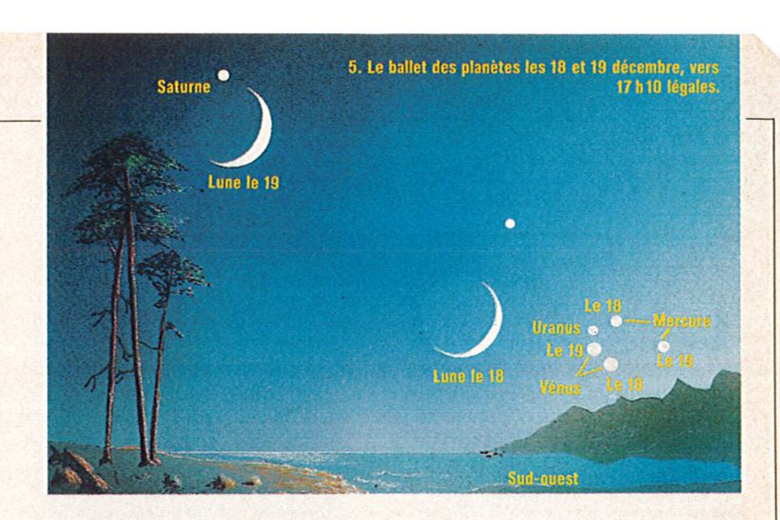
Cette nuit-là, dès la fin du crépuscule, on reconnaîtra sur l'horizon ouest, en partant du nord-ouest jusqu'au sud : la partie supérieure de Bouvier, la Couronne boréale, Hercule, une partie d'Ophiocus, quelques étoiles du Sagittaire au ras de l'horizon.

En plein ciel, le grand triangle d'été avec le Cygne, la Lyre et l'Aigle, le Capricorne, le Verseau, Pégase, Andromède, le Poisson austral, puis la Baleine, les Poissons, Eridan, le Taureau.

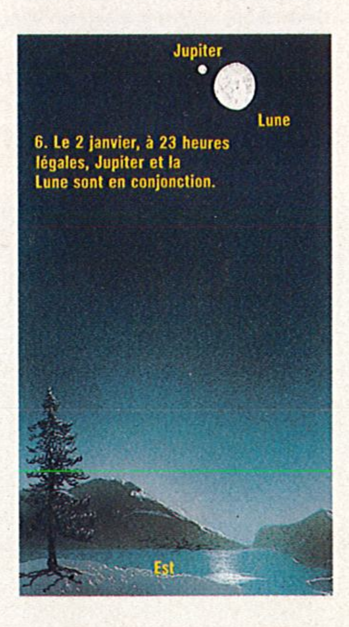
Au cours de la nuit suivante, vont apparaître :

Orion, le Grand Chien, les Gémeaux, la Poulpe, le Petit Chien, le Cancer, le Lynx, puis l'Hydre, le Lion.

Vers deux heures du matin, on assiste au lever de la Coupe, du Corbeau, de la Vierge, puis à nouveau le Bouvier et la Couronne boréale redeviennent visibles suivi du Serpent et de la Balance.



5. Le ballet des planètes les 18 et 19 décembre, vers 17 h 10 légales.



6. Le 2 janvier, à 23 heures légales, Jupiter et la Lune sont en conjonction.

Alors que les premières lueurs de l'aurore teintent l'horizon est, on apercevra, au ras de l'horizon, quelques étoiles du Centaure et du Scorpion, tandis que la Lyre et le Cygne grimpent au nord-est.

Le tour du ciel est terminé. Nous avons pu contempler la presque totalité du ciel visible sous nos latitudes, à l'exception d'une partie du Scorpion et du Sagittaire !

Les rendez-vous du mois. Mars tient toujours la vedette. Elle est visible dès la tombée de la nuit, passe au méridien vers minuit et reste observable jusqu'au matin. L'opposition étant passée, son diamètre recommence à décroître ; il est en moyenne de 14", ce qui laisse de bonnes possibilités d'observation. On assistera, le 16 en soirée, à la conjonction de la planète rouge avec l'amas des Pléïades.

Jupiter, dont l'opposition est en janvier, se lève de plus en plus tôt, aux alentours de 21 heures. Son diamètre augmente et atteint 45" en fin de mois. Elle reste la planète idéale pour les observateurs débutants. Le 6 vers 23 heures légales, la planète géante sera à proximité d'une lune finissante (***figure 4***).

Mercure et Vénus se livrent à un joli ballet dans le ciel du soir. C'est le 6 que Mercure est à son maximum d'élongation, donc dans les meilleures conditions d'observation. On suivra les deux planètes de soir en soir aux jumelles et, en particulier, les 18 et 19, juste après le coucher du Soleil. Ces soirs-là, seront regroupées Vénus, Mercure, Saturne, Uranus, Neptune et la Lune, avec une série de conjonctions et de regroupements, dont celui de Vénus et d'Uranus à moins de 1" (***figure 5***).

La Lune, astre de tous les émerveillements, nous offre ce mois-ci deux pleines lunes, les 2 et 31. A noter que le 2, elle sera à son périgée (au plus près de la Terre), à seulement 357 751 km. Une distance aussi courte n'était pas arrivée depuis 1750 et ne se reproduira plus avant 2125 ! Son diamètre apparent atteindra une valeur maximale de 33' 30".

Le 2 janvier 1991, de 21 h 43 à 22 h 53, Jupiter, qui sera en conjonction avec la Lune, apparaîtra "sans satellite" ; cet aspect assez rare est dû au fait que Io sera devant la planète, tandis qu'Europe, Ganymède et Calisto seront éclipsées par le cône d'ombre (***figure 6***).

Yves Delaye

Nouveau : Ephémérides astronautiques 1991, éditées par la SAF, simples et accessibles pour les amateurs, en vente à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris, 120 F sur place, +20 F de port par correspondance.



Jouons au Puissance 4

INFORMATIQUE AMUSANTE

Le Puissance 4 est un jeu de stratégie dont les règles sont les suivantes : sur une grille verticale, chaque joueur viendra déposer à son tour un pion d'une couleur qui lui est propre. Chaque pion tombera donc au fond de la grille dans la colonne choisie, à moins qu'un pion déjà présent le bloque durant sa chute.

Le but du jeu est simple. Il s'agit ici d'une adaptation de ce jeu à l'Amstrad : la grille comporte huit cases verticales et huit horizontales. Le premier des deux joueurs qui aura aligné quatre pions soit horizontalement, soit verticalement, soit en diagonale aura gagné.

Pour notre adaptation deux types de jeu seront possibles. Soit l'ordinateur remplacera simplement la grille et donc deux joueurs taperont à leur tour le numéro de la colonne où ils désirent lâcher leur pion, soit l'ordinateur sera votre adversaire. Dans ce dernier cas, il demandera souvent un délai de réflexion entre chaque coup, mais cela sera indiqué sur l'écran. Ces quelques points précisés, passons à l'écriture du programme.

En premier lieu nous demanderons à l'ordinateur de fònctionner en mode 1. Puis nous redéfinirons l'ensemble des symboles graphiques nécessaires au bon déroulement du jeu.

Vient ensuite la page de présentation. Notons qu'un pion de chaque couleur, suivi des mentions VOUS et MOI, sera affiché pour vous rappeler votre couleur lors d'une partie contre la machine. La grille de jeu sera tracée à l'aide d'une sous-routine puis nous initialiserons les variables nécessaires tant à la page de présentation que pour le déroulement du jeu.

Dans cette phase d'initialisation, nous commencerons par mémoriser l'état d'occupation de l'ensem-

```
10 MODE 1: BORDER 1: PAPER 0:PEN 1
20 SYMBOL AFTER 127
30 SYMBOL 128,3,15,63,63,127,127,255,255
40 SYMBOL 129,192,240,252,252,254,254,255,255
50 SYMBOL 130,255,255,127,127,63,63,15,3
60 SYMBOL 131,255,255,254,254,252,252,240,192
70 ENV 1,1,15,1,1,-1,3,7,-2,1
80 ENV 2,3,5,1,1,0,1,1,-15,1
90 FOR I=1 TO 7
100 LET P(I,1)=1
110 NEXT I
120 REM  ************************************
130 REM *      PAGE DE PRESENTATION.        *
140 REM  ************************************
150 GOSUB 790
160 LOCATE 10,1: PRINT "PUISSANCE 4."
170 LET PAGE=1
180 LET C=1
190 LET EV=0
200 LET D=INT(RND*7)+1
210 IF C=1 THEN LET CP=5: GOSUB 980
220 IF C=-1 THEN LET CP=3: GOSUB 980
230 GOSUB 1120
240 IF EV=6 THEN GOSUB 1540
250 LET C=C*-1
260 LET K$=INKEY$
270 IF K$<>"" THEN LET PAGE=0
280 IF PAGE =1 THEN GOTO 200
290 REM  ************************************
300 REM *           DEBUT DE PARTIE;        *
310 REM *   INITIALISATION DES VARIABLES.   *
320 REM  ************************************
330 LET EV=0
340 LET DEB=0
350 LET G=0
360 LET CT=0
370 LET CO=0
380 LET CG=0
390 LET D=0
400 GOSUB 1540
410 PEN 5: LOCATE 25,16: PRINT CHR$(128);CHR$(129)
420 LOCATE 25,17: PRINT CHR$(130);CHR$(131)
430 PEN 3: LOCATE 25,20: PRINT CHR$(128);CHR$(129)
440 LOCATE 25,21: PRINT CHR$(130);CHR$(131)
450 PEN 2:LOCATE 30,17:PRINT "VOUS":LOCATE 30,21:
 PRINT "MOI"
460 LOCATE 5,5:PRINT "VOULEZ-VOUS COMMENCER ? (O/N
)"
470 LET K$=UPPER$(INKEY$):IF K$="" THEN GOTO 470
480 LET C=-1:IF K$="O" THEN LET C=1
490 IF C=-1 THEN GOTO 580
500 PEN 2
510 LOCATE 5,5:PRINT "CHOISISSEZ VOTRE COLONNE SVP
."
520 LET K$=INKEY$: IF K$="" THEN GOTO 520
530 LET D=ASC(K$)-48:IF D<1 OR D>7 THEN GOTO 520
540 IF P(D,7)=0 THEN GOTO 570
550 LOCATE 5,5:PRINT "VOUS NE POUVEZ PAS JOUER ICI
!"
560 GOTO 520
570 LET DEB=DEB+1:LET CP=5
580 IF C=1 THEN GOTO 620
590 LET CP=3:PEN 2
600 LOCATE 5,5:PRINT "C'EST A MON TOUR DE JOUER ..
. "
610 GOSUB 1330
620 IF CP=3 THEN LOCATE 5,5:PRINT "ATTENDEZ, JE PR
EPARE MON COUP."
630 IF CP=5 THEN LOCATE 5,5:PRINT "MERCI; J'EXAMIN
E VOTRE CHOIX. "
640 IF D=0 THEN LET D=INT(RND*7)+1:IF P(D,7)<>0 TH
EN LET D=0:GOTO 640
650 GOSUB 1670
660 IF G=1 THEN GOTO 710
670 GOSUB 980:GOSUB 1120
680 IF G=1 THEN GOTO 710
690 LET C=C*-1
700 GOTO 490
710 IF GJ=4 THEN LOCATE 5,5:PRINT "BRAVO; VOUS GAG
NEZ LA PARTIE. "
720 IF GO=4 THEN LOCATE 5,5:PRINT "DESOLE, C'EST M
OI QUI GAGNE!!!"
730 IF INKEY$="" THEN GOTO 730
740 CLEAR:GOTO 10
750 REM  ************************************
760 REM *    SOUS ROUTINE REPRESENTATION    *
770 REM *      DE LA GRILLE DE JEU.         *
780 REM  ************************************
790 PAPER 2: PEN 0
800 FOR Y=12 TO 22 STEP 2
810 LOCATE 1,Y: PRINT " ": LOCATE 16,Y:PRINT " "
820 LOCATE 1,Y+1:PRINT" ": LOCATE 16,Y+1:PRINT" "
830 FOR X=2 TO 14 STEP 2
840 LOCATE X,Y: PRINT CHR$(128);CHR$(129)
850 LOCATE X,Y+1: PRINT CHR$(130);CHR$(131)
860 NEXT X
870 NEXT Y
880 FOR I=1 TO 16
890 LOCATE I,11: PRINT " "
900 NEXT I
910 LOCATE 1,24:PRINT "  1 2 3 4 5 6 7 "
920 PAPER 0: PEN 1
930 RETURN
940 REM  ************************************
950 REM *    SOUS ROUTINE D'ANIMATION DU    *
960 REM * DEPLACEMENT HORIZONTAL DES PIONS. *
970 REM  ************************************
980 PEN CP
990 FOR H=36 TO 2*D STEP-1
1000 LOCATE H,9: PRINT CHR$(128);CHR$(129);" "
1010 LOCATE H,10: PRINT CHR$(130);CHR$(131);" "
1020 SOUND 1,10+(3*H),0,0,2,0,0
1030 SOUND 1,20+(5*H),0,0,2,0,0
1040 NEXT H
1050 LOCATE H+1,9: PRINT "  "
1060 LOCATE H+1,10: PRINT "  "
1070 RETURN
1080 REM  ************************************
1090 REM *    SOUS ROUTINE D'ANIMATION DE    *
1100 REM *         LA CHUTE DES PIONS.      *
1110 REM  ************************************
1120 PAPER 2: LET Y=7
1130 LET XC=2*D
1140 LET YC=26-(2*Y)
1150 IF Y=7 THEN GOTO 1180
```

ble des cases de la grille en créant un tableau de mémorisation à l'aide de l'instruction DIM.

La variable C sera utilisée pour faire jouer chaque participant alternativement, PAGE indiquera à l'ordinateur si le jeu a débuté ou s'il est toujours sur la page de présentation, D sera utilisée pour déterminer la colonne où sera laché le pion et CP mémorisera sa couleur.

Au démarage du programme le jeu rebouclera sur la page de présentation. Pour entamer la partie, il suffira de taper une touche. Dès lors, la grille sera vidée de son contenu et les variables initialisées. Ici interviendront quatre nouvelles variables CT, G, XP et CG. CT permet à la machine de savoir combien de pions d'une même couleur sont alignés, G détecte l'alignement de quatre pions et indiquera donc la présence d'un gagnant, XP prendra une valeur correspondant à l'état d'occupation de la case sur laquelle porte l'analyse, et CG indiquera à l'ordinateur que placer l'un de ses pions sur cette case lui permettra de remporter la partie. Notons que DEB, ACC et EV seront utilisées pour réduire la durée de calcul de l'ordinateur en début de partie. DEB totalise le nombre de coups joués depuis le début de la partie ; si ce dernier est insuffisant pour qu'il soit possible que quatre pions puissent être alignés, les sous-routines de contrôle seront abrégées. De même, ACC est lié à DEB et confirme que pour les lignes horizontales du tableau tout contrôle est inutile. EV vérifie le nombre de pions empilés sur la plus haute des colonnes. Si celui-ci reste inférieur à quatre, tout contrôle des verticales ou des diagonales est inutile.

En tout début de partie, l'ordinateur, lors du fonctionnement en mode automatique, propose au joueur de commencer ou non. En fonction de la réponse fournie, C prendra la valeur 1 ou 0, ce qui déterminera l'ordre de départ de la séquence d'alternance des coups. Ensuite, chaque fois que ce sera au joueur de lancer son pion, il lui faudra indiquer à l'ordinateur la colonne où il désire le lâcher en tapant son numéro au clavier.

Henri-Pierre Penel ▲

```
1160 PEN 0: LOCATE XC,YC-2:  PRINT CHR$(128); CHR$
(129)
1170 LOCATE XC,YC-1:PRINT CHR$(130);CHR$(131)
1180 PEN CP
1190 LOCATE XC,YC:PRINT CHR$(128);CHR$(129)
1200 LOCATE XC,YC+1:PRINT CHR$(130);CHR$(131)
1210 SOUND 1,10+(10*Y),0,0,1,0,0
1220 SOUND 2,200+(20*Y),0,0,1,0,0
1230 LET Y=Y-1
1240 IF P(D,Y)=0 THEN GOTO 1140
1250 LET P(D,Y+1)=CP
1260 IF EV<(Y+1) THEN LET EV=Y
1270 PAPER 0
1280 RETURN
1290 REM  ***********************************
1300 REM *    SOUS ROUTINE D'ANALYSE DES      *
1310 REM *     ALIGNEMENTS HORIZONTAUX.       *
1320 REM  ***********************************
1330 LET D=0: LET DL=0
1340 FOR Y=2 TO EV+1
1350 FOR H=1 TO 4
1360 IF P(H,Y)=0 AND P(H,Y-1)<>0 AND P(H+1,Y)=5
 AND P(H+2,Y)=5 AND P(H+3,Y)=5 THEN LET DL=H
1370 IF P(H,Y)=0 AND P(H,Y-1)<>0 AND P(H+1,Y)=3
 AND P(H+2,Y)=3 AND P(H+3,Y)=3 THEN LET DL=H
1380 IF P(H,Y)=5 AND P(H+1,Y)=0 AND P(H+1,Y-1)<>0
AND P(H+2,Y)=5 AND P(H+3,Y)=5 THEN LET DL=H+1
1390 IF P(H,Y)=3 AND P(H+1,Y)=0 AND P(H+1,Y-1) AND
 P(H+2,Y)=3 AND P(H+3,Y)=3 THEN LET DL=H+1
1400 IF P(H,Y)=5 AND P(H+1,Y)=5 AND P(H+2,Y)=0 AND
 P(H+2,Y-1)<>0 AND P(H+3,Y)=5 THEN LET DL=H+2
1410 IF P(H,Y)=3 AND P(H+1,Y)=3 AND P(H+2,Y)=0 AND
 P(H+2,Y-1)<>0 AND P(H+3,Y)=3 THEN LET DL=H+2
1420 IF P(H,Y)=5 AND P(H+1,Y)=5 AND P(H+2,Y)=5 AND
 P(H+3,Y)=0 AND P(H+3,Y-1)<>0 THEN LET DL=H+3
1430 IF P(H,Y)=3 AND P(H+1,Y)=3 AND P(H+2,Y)=3 AND
 P(H+3,Y)=0 AND P(H+3,Y-1)<>0 THEN LET DL=H+3
1440 IF DL<>0 THEN LET H=4:LET Y=EV+1
1450 SOUND 1,10+(10*H),0,0,1,0,0
1460 SOUND 2,50+(10*Y),0,0,1,0,0
1470 NEXT H
1480 NEXT Y
1490 LET D=DL
1500 RETURN
1510 REM  ***********************************
1520 REM *  SOUS ROUTINE EFFACEMENT GRILLE.  *
1530 REM  ***********************************
1540 FOR XO=1 TO 7
1550 FOR YO=2 TO 7
1560 LET P(XO,YO)=0
1570 NEXT YO
1580 SOUND 1,25*XO,0,0,1,0,0
1590 SOUND 2,100/XO,0,0,1,0,0
1600 NEXT XO
1610 GOSUB 790
1620 RETURN
1630 REM  ***********************************
1640 REM *  SOUS ROUTINE DE CONTROLE ET DE   *
1650 REM * DECISION POSITION PION ORDINATEUR *
1660 REM  ***********************************
1670 LET GJ=0: LET GO=0
1680 FOR Y=2 TO EV+1
1690 LET GJ=0: LET GO=0
1700 FOR H=1 TO 7
1710 LET GJ=(GJ+((P(H,Y)=5)*-1))*((P(H,Y)<>5)+1)
1720 LET GO=(GO+((P(H,Y)=3)*-1))*((P(H,Y)<>3)+1)
1730 IF GJ=4 OR GO=4 THEN LET G=1: LET Y=EV+1: LET
 H=7
1740 NEXT H
1750 NEXT Y
1760 IF GJ=4 OR GO=4 THEN LET G=1
1770 IF EV<3 OR G=1 THEN RETURN
1780 LET GJ=0: LET GO=0
1790 LET DC=0
1800 FOR H=1 TO 7
1810 LET GJ=0:LET GO=0
1820 FOR Y=2 TO EV+1
1830 LET GO=(GO+((P(H,Y)=3)*-1))*((P(H,Y)<>3)+1)
1840 LET GJ=(GJ+((P(H,Y)=5)*-1))*((P(H,Y)<>5)+1)
1850 SOUND 1,50+(10*GJ),0,0,1,0,0
1860 SOUND 2,60+(10*GO),0,0,1,0,0
1870 IF GJ=4 OR GO=4 THEN LET G=1: LET Y=EV+1: LET
 H=7
1880 IF Y=7 THEN LET DC=0: GOTO 1920
1890 IF P(H,Y+1)<>0 THEN GOTO 1920
1900 IF GO=3 THEN LET DC=H
1910 IF DC=0 AND GJ=3 THEN LET DC=H
1920 NEXT Y
1930 NEXT H
1940 IF G=1 THEN RETURN
1950 LET GJ=0: LET GO=0
1960 LET DD=0
1970 FOR Y=2 TO 4
1980 FOR H=1 TO 4
1990 SOUND 1,50+(10*GO),0,0,1,0,0
2000 SOUND 2,60+(10*GJ),0,0,1,0,0
2010 IF P(H,Y)=5 AND P(H+1,Y+1)=5 AND P(H+2,Y+2)=5
 THEN LET GJ=3: IF GJ=3 AND P(H+3,Y+3)=5 THEN LET
GJ=4
2020 IF GJ=3  AND P(H+3,Y+3)=0 AND P(H+3,Y+2)<>0
THEN LET DD=H
2030 IF P(H+3,Y)=5 AND P(H+2,Y+1)=5 AND P(H+1,Y+2)
=5 THEN LET GJ=3:  IF GJ=3 AND P(H,Y+3)=5 THEN LET
 GJ=4:LOCATE 1,3
2040 IF GJ=3  AND P(H,Y+3)=0 AND P(H,Y+2)<>0 THEN
LET DD=H
2050 IF P(H,Y)=3 AND P(H+1,Y+1)=3 AND P(H+2,Y+2)=3
 THEN LET GO=3: IF GO=3 AND P(H+3,Y+3)=3 THEN LET
GO=4
2060 IF GO=3  AND P(H+3,Y+3)=0 AND P(H+3,Y+2)<>0
THEN LET DD=H
2070 IF P(H+3,Y)=3 AND P(H+2,Y+1)=3 AND P(H+1,Y+2)
=3 THEN LET GO=3: IF GO=3 AND P(H,Y+3)=3 THEN LET
GO=4
2080 IF GO=3  AND P(H,Y+3)=0 AND P(H,Y+2)<>0 THEN
LET DD=H
2090 IF GJ=4 OR GO=4 THEN LET G=1:LET H=4:LET Y=4
2100 NEXT H
2110 NEXT Y
2120 IF G=1 THEN RETURN
2130 IF Y=7 THEN RETURN
2140 IF DD<>0 THEN LET D=DD
2150 IF DC<>0 THEN LET D=DC
2160 RETURN
```



Paul D. MacLean et Roland Guyot

Les trois cerveaux de l'homme

Robert Laffont, 367 p., 135 F.

Voici un ouvrage majeur : c'est, en effet, le premier exposé scientifique large de la célèbre théorie des trois cerveaux — due à Paul D. MacLean, neurologue — connue depuis longtemps des spécialistes et de quelques amateurs bilingues, et qui ne fut exposée qu'une fois, par Arthur Kœstler (*Le cheval dans la locomotive*). Le livre est constitué de deux parties, les textes de MacLean lui-même et les commentaires de Roland Guyot, psychologue. Elles sont, heureusement, tout à fait distinctes, et Gérard Klein, responsable de l'édition, a su éviter l'"entrelardage" des textes fondateurs et des commentaires, qui font que beaucoup de textes originaux sont persillés de tant de critiques qu'on ne distingue plus l'auteur du commentateur.

La théorie, qui fut saluée comme majeure par des savants tels que Jacob et Laborit, est simple : c'est qu'anatomiquement le cerveau comprend à la base un cerveau reptilien, entendez hérité des reptiles, évidemment, c'est-à-dire très ancien, puisqu'il se situe au bas de l'échelle de l'évolution, bien avant l'hominisation. Au-dessus, le coiffant, il y a une formation qui constitue l'héritage des premiers mammifères, c'est le cerveau dit paléomammalien. Et enfin, coiffant encore le tout, se trouve le cerveau humain.

Chacune de ces trois structures a correspondu à une étape de l'évolution. L'aspect le plus intéressant qu'évoque MacLean est celui de l'évolution du langage, qu'il tente de reconstituer d'après les appareils phonatoires des espèces à travers lesquelles nous sommes, en quelque sorte, passés ; c'est l'objet du chapitre 6, "La coévolution du cerveau et de la famille". MacLean, comme le commente Guyot, définit trois paramètres correspondant à trois fonctions du cerveau au cours des trois stades considérés : fonction parentale d'élevage des petits, fonction audiovocale de communication et fonction de jeu (ou ludique). C'est la "triade" qui constitue l'un des concepts principaux de MacLean.

Par la suite, mais un peu brièvement, MacLean propose de refondre la psychiatrie, qu'il estime réductionniste, parce qu'elle part du postulat de l'unité cérébrale de l'homme, et il expose une de ses idées les plus intéressantes, déjà énoncée par Kœstler, et qui est le caractère inévitable d'une tendance paranoïde chez l'homme. Entre trois cerveaux, évidemment, l'harmonie n'est pas garantie ! On ne peut que rester rêveur devant le fait que Kœstler, qui n'était pas un scientifique, ait aussi bien contribué à la mise en forme des travaux de MacLean.

Contrairement à ce qu'on aurait pu craindre, les commentaires de Guyot ne sont pas une "sauce" plus ou moins relevée, mais un prolongement scientifique des notions de MacLean. On ne peut tout citer, mais nous avons particulièrement apprécié les pages sur la nature du cerveau limbique, le plus ancien, qu'on tend souvent à réduire à "un cerveau primitif", avec la connotation évidemment péjorative et réductionniste qu'on devine. Or, si le cerveau limbique est bien celui des émotions, il est aussi celui de l'apprentissage, de même qu'il est perceptif ; il faut donc l'examiner sous ces trois aspects. Avec un quatrième en plus : c'est celui qui définit le sentiment spontané de ce qui est vrai ! Il est donc bien loin d'être aussi "primitif" que cela.

On ne peut qu'espérer que l'on finira par comprendre un jour que la dynamique des rapports entre les trois cerveaux. Car c'est la dynamique même de l'esprit, celle dont les dérèglements entraînent tant de désastres !

Ce livre fondamental (qui n'est évidemment pas une lecture de transports en commun) aurait sans doute gagné à l'adjonction d'un chapitre qui aurait éclairé les idées de MacLean du point de vue de la génétique. S'il est bien vrai que le psychisme s'enrichit au cours de l'évolution, qu'elle est la part de la génétique dans la transmission de ses fonctions ? **Gerald Messadié**

Jean-Jacques Larané

Les tests dévoilés
La pratique des tests

Ed. l'Ecrit, 176 p., 57 F et 144 p., 55 F.

Il y a quelques années, nous publiions un article sur une école un peu particulière : on y apprenait à bien répondre aux tests, c'est-à-dire de manière à faire ressortir son bon profil. Son fondateur, Jean Gobet, aujourd'hui disparu de même que cette école qui ne vivait que par lui, insistait auprès de ses élèves pour qu'ils pratiquent ces petits jeux d'esprit que l'on rencontre, sous différentes formes, dans les magazines.

Ce conseil se fondait sur deux constatations. D'abord, pour passer les tests réels dans les meilleures conditions possibles, sans émotivité, sans appréhension, sans fatigue passagère qui devient inhibitrice, il faut un entraînement initial. Ensuite les tests d'intelligence les plus courants, qu'ils soient de compréhension, de raisonnement, de séries, de mémoire (verbale ou chiffrée) ou encore qu'il s'agisse du test des dominos, présentent un aspect ludique indéniable.

Jean-Jacques Larané ne nous dit rien d'autre dans les deux ouvrages qu'il vient de publier. Mais il va plus loin. Il nous guide dans le maquis des tests en dévoilant les pièges tendus aux candidats et, mieux, en donnant même les réponses appropriées pour présenter un "profil psychologique" favorable, puisque c'est ainsi que parlent

(suite du texte page 160)

aujourd'hui les recruteurs, externes ou internes aux entreprises.

L'auteur est beaucoup moins catégorique concernant les tests de personnalité, qui visent à dévoiler les aspects non intellectuels de l'individu. C'est qu'ils sont arbitraires, qu'il n'y a pas de réponses adéquates types. Pour ce genre de test, J.-J. Larané présente une explication des mécanismes qui régissent l'interprétation des réponses, ce qui permet d'éviter les pièges, de donner au testeur des éléments qu'il considère comme négatifs.

A titre indicatif et anecdotique, mieux vaut ainsi éviter dans les tests de Rorschach, de l'arbre ou du village, pour ne citer que les grands "classiques", de parler d'armes ou de fumées noires : cela pourrait, aux yeux des testeurs, trahir un caractère violent et agressif ou obsessionnel...

Mais bien d'autres tests nous guettent, avec lesquels l'auteur nous familiarise. Les connaître évitera de les craindre, surtout si on sait avec quelles ficelles ils sont construits et articulés et, plus encore, si on prend le loisir de jouer avec. Après tout, il ne s'agit effectivement que d'un jeu, et, au prix où sont proposés ces deux ouvrages, on s'amuse à bon compte. Tout en se rodant pour le jour où le jeu devient réalité et où, mis dans certaines mains, il se met à sentir le soufre pour devenir diabolique et dangereux. **Gérard Morice**

Jacques Baillon

Nos derniers loups

Association des naturalistes orléanais, 96 rue du fg St-Vincent, 45000 Orléans, 503 p., 180 F.

C'est un florilège des histoires de loups en France, centré sur la disparition des loups de l'Orléanais. L'enquête, historique et ethnologique (car le loup occupe une grande place dans les folklores), s'effectue dans les provinces voisines, Val de Loire, Sologne, Gâtinais, Beauce, Puisaye, voire Perche, Nivernais... Bref, on ne chasse plus le loup, mais les souvenirs de loups. Des souvenirs, il en reste encore quelques-uns, dans le Massif central, la Haute-Marne, mais enfin, l'on peut sortir de chez soi, le soir, sans craindre d'être attaqué !

Le texte est partagé entre une évidente tendresse pour le loup, d'ailleurs fondée sur des faits (« En Yougoslavie, il a été démontré que sur 1 865 animaux tués en quatre ans, 141 l'ont été par des loups... la plupart étant des animaux déficients »), et un découragement certain.

Comme l'ours et le renard, le loup n'a plus sa place dans les pays industrialisés. C'est son descendant, le chien, qui l'a usurpée. Il est possible que, d'ici à quelques décennies, on risque bien plus de trouver dans le Gâtinais ou les Balkans des caniches et des chats persans ensauvagés que de vrais loups et chats sauvages. Cela mérite une réflexion bien plus ample que celle à laquelle invitent ces colonnes, et à laquelle cet ouvrage apportera sans aucun doute des éléments précieux. **G.M.**

Nathalie Mikaïloff

Les manières de propreté du Moyen Age à nos jours

Maloine, 214 p., 160 F.

Ce livre est consternant autant que divertissant. Il est consternant, parce qu'il rappelle dans quelle crasse infâme l'Europe, et la France aussi bien, vécurent depuis la chute de l'Empire romain. Tout s'est passé comme si l'on avait complètement oublié, après le Ve ou VIe siècle, tous les conforts d'hygiène qu'offrait la Rome antique. Quand on pense qu'il y avait, au "Palais du roi Minos", en Crète, des sièges d'aisance avec chasse d'eau et qu'il fallut attendre la fin du XIXe pour retrouver cette commodité, on en reste pantois.

Le livre est divertissant parce qu'il énonce sans pitié les âneries que des esprits pourtant distingués débitèrent longtemps pour prévenir l'habitude de l'hygiène. L'illustre Arago s'opposa à l'installation de douches dans les casernes, parce que cela « efféminerait les troupes » ; il faut dire que le brave homme pensait aussi que de transporter des troupes par train aurait les mêmes effets ! On n'ose penser à ce que sont nos soldats actuels !

Ces billevesées, soutenues par des rapports doctes de pontes de l'Académie de médecine (et de solides préjugés en matière de sexualité), devinrent d'autant plus coupables après que Pasteur eut démontré le rôle des microbes dans la propagation des maladies contagieuses. En 1899, rappelle Nathalie Mikaïloff, le rapport rendu par une commission d'hygiène sur une étude d'un projet de bains-douches populaires à Vincennes estima que « la douche peut être mauvaise à la santé des enfants dont les organes sont en formation, elle peut provoquer des affections nerveuses et développer des maladies cardiaques. Enfin, elle ne nettoie pas, car la douche décolore la crasse sans l'enlever... ». Qu'on ne s'étonne pas, dans ces conditions, que la tuberculose ait fait des ravages, car on n'était guère plus propre chez soi que sur soi. Faut-il encore rappeler que l'installation de sièges d'aisance dans les appartements des grandes villes fit jeter les hauts cris aux bien-pensants de l'époque, qui y virent une atteinte du pouvoir à la sainteté du foyer ? Jusqu'à la fin du siècle dernier, on vidait son pot dans des seaux réservés à cet effet... à la cave ! Quand on ne le vidait pas dans le caniveau !

On peut se moquer ; ce serait prématuré : en 1988, « 26 % seulement des Français se baignent ou se douchent chaque jour ». Le pompon reviendrait aux habitants du Nord-Pas-de-Calais, de Basse-Normandie et de Franche-Comté, qui, d'après une étude menée par les étudiants de l'Ecole supérieure de commerce de Tours, ont la moins bonne hygiène du pays. On joindra à cette excellente étude le livre inoublié de Vigarello, *Le propre et le sale*, paru il y a quelques années, mais toujours éminemment lisible. **G.M.**

Roland Moréno.

La théorie du bordel ambiant

Belfond : 302 p. + index ; 120 F.

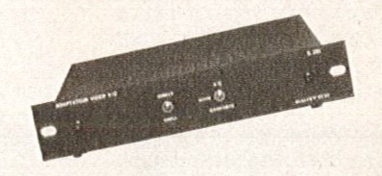
Ce livre se lit comme on suit une discussion entre amis. Inventeur de la carte à puce, dont le concept de base lui a d'ailleurs sans doute été soufflé par Barjavel, Roland Moréno propose ici une autobiographie persillée de pensées, réflexions, délires et fantasmes sur notre société actuelle (envahie par la technologie, bien sûr).

Le style est proche du langage parlé, et parfois débraillé ; appels de notes, paragraphes en italiques et encadrés se succèdent dans un

(suite du texte page 162)



GUISTON
VIDEO





ADAPTATEURS Y/C GUISTON
"LA SOLUTION"

Ils rendent compatibles aux nouvelles normes **S-VHS** et **HI-8,** les amplificateurs video de **toutes marques.**

*Equipés d'une sortie composite amplifiée, ces adaptateurs permettent également à **tous autres appareils vidéo** de bénéficier d'une source Y/C dans des conditions de qualité optimale.*

Deux modèles de qualité institutionnelle, très performants :

S 202 = 1.390 F. T.T.C.
S 808 = 3.300 F. T.T.C.

Fournis avec cables de raccordement BNC, RCA, Y/C.

Documentation contre 4,60 F en timbres.



Centre de recherche et perfectionnement en électronique audiovisuelle.
17 - 19, rue Lambert - 75018 Paris
Tél. : (1) 42.55.01.63

DETECTEZ LA RADIOACTIVITE QUI VOUS ENTOURE !

COMPTEUR GEIGER DE MÜLLER

ENFIN ACCESSIBLE AU GRAND PUBLIC
PRIX DE LANCEMENT : (livraison sous 15 j)

(livré avec piles + boîtier) - en KIT - ☐ **870 F**

(livré avec piles) - MONTE - ☐ **990 F**
(franco de port)

BON DE COMMANDE à adresser à :
ELECTRONIC SYSTEM ☎ 47.37.09.18
38, rue P. Brossolette - 92300 LEVALLOIS
ci joint réglement par :

☐ Chèque ☐ Mandat ☐ C.remboursement + 30 F

NOM : ____________________
Prénom : ____________________
Adresse : ____________________
____
Code Postal ______ Ville ____________

véritable tohu-bohu. L'auteur s'éloigne irrésistiblement du sujet, au gré de ses rêveries et de ses incidentes, pour y revenir tout à trac. C'est souvent déroutant, voire gênant pour une lecture suivie, mais cela permet, par contre, de sauter d'un chapitre a l'autre, ces derniers n'ayant que peu de lien entre eux. Le titre est donc justifié.

Il l'est par le contenu autant que la forme : naviguant de Pascal à Pierre Dac, tout en racontant ses carrières ratées dès qu'entreprises, et ses bides, Moréno donne au lecteur l'impression de le prendre pour confident de ses délires et, reconnaissons-le, c'est une stratégie de séduction assez efficace. Moreno, une belle illustration du cancre génial, du brouillon inspiré, et de la vertu du f...toir ! **Henri-Pierre Penel**

Colloque INRA n° 53
50 ans de cultures in vitro

INRA Editions, route de Saint-Cyr, 78026 Versailles, 340 p., 180 F.

Il y a cinquante ans étaient publiées les premières communications sur l'obtention et le maintien *in vitro* de cultures de tissus végétaux. Pour commémorer l'événement, l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) a organisé un colloque ; elle en publie aujourd'hui les actes.

Les principaux domaines dans lesquels la culture *in vitro* est désormais intégrée font l'objet d'une synthèse.

Et des exposés spécialisés présentent la physiologie et le métabolisme des plantes, illustrés d'une trentaine d'affiches. On découvre l'impressionnant impact, aujourd'hui, des techniques *in vitro* appliquées aux divers secteurs de la biologie végétale, fondamentale et appliquée. **G.Mo.**

Philippe Monod-Broca
Branly
Au temps des ondes et des limailles

Belin, 414 p., ill., 170 F.

Ce genre de biographie prolonge *Les vies des hommes illustres* de Plutarque. Mais ce livre présente l'intérêt de replacer Edouard Branly (1844-1940) dans le contexte scientifique de son temps. L'électricité était un mystère et semblait devoir le demeurer. Pour abréger, car l'affaire est longue, disons qu'en 1890, Branly, "simple ingénieur", découvre l'effet qui porte son nom et qu'il intitule, vaguement, hélas pour lui, "Variations de conductibilité sous différentes influences électriques".

Comme le relève bien Jean Cazenobe dans sa postface : conductibilité de quoi ? En fait, Branly a découvert qu'une étincelle éclatant à vingt mètres entraîne des variations de conductibilité de limaille métallique enfermée dans un tube entre deux électrodes. Un courant discontinu induit ou un fort courant continu à distance provoquent les mêmes effets. Bizarre ! En termes stricts, Branly a découvert l'effet de chute de résistance provoqué par une onde électromagnétique.

Ce n'est pas rien : en exploitant cet effet, c'est-à-dire la découverte des ondes hertziennes, Marconi inventera la TSF.

On conçoit que les autres savants ne furent pas pressés de rendre hommage à Branly, et cela d'autant plus qu'il avait imparfaitement expliqué son "effet" : fort objectivement, Cazenobe note que Branly ne mentionna jamais l'hypothèse d'ondes hertziennes traversant les murs. Il n'avait apparemment pas bien compris sa découverte ; le cas n'est pas rare, on le revit avec Fleming et son pénicillium.

Les Suédois attribuèrent la découverte, jusque récemment encore, à un certain Munk av Rosenschold, les Anglais, à Oliver Lodge. Les Italiens avaient aussi "leur" Branly, Calzecchi-Onesti, et l'*Encyclopœdia Britannica*, guère en reste de chauvinisme, ne le mentionna pas jusque dans son édition de 1964 ; celle de 1980 ne reconnaît en lui que l'inventeur du cohéreur (détecteur d'ondes hertziennes) ; ce n'est pas si mal, car sans cohéreur, la TSF n'eût pas vu le jour.

Mais enfin, une découverte est une découverte, et ce fut Branly qui la fit. Et s'il n'avait fait que celle-là ! Savant à l'ancienne, « plus proche de Lavoisier que du CNRS », il fit œuvre de pionnier en matière d'électricité, plus du point de vue pratique que théorique, dont il se méfiait plutôt. Cette prudence ne l'empêcha pas d'utiliser l'électrothérapie pour le traitement d'affections extrêmement diverses, gynécologiques en particulier, et il étudia aussi le spiritisme (en compagnie d'esprits aussi illustres que Richet).

L'ouvrage de Monod-Broca brille par la précision. Le lyrisme ni l'ironie n'y ont trouvé place, mais enfin, voilà un bel ouvrage — et du bel ouvrage. **G.M.**

Olivier Badot
L'étude de marketing dans une économie de tohu-bohu

Edit. ESF, tél. (1) 47 63 68 76 181 p. 170 F

Comment mener efficacement et rapidement une étude marketing à coûts réduits, grâce à ce simple outil polyvalent qu'est le Macintosh ? Olivier Badot, consultant international en marketing, nous le montre en nous guidant pas à pas avec rigueur et précision.

Mais, au fait, pourquoi une telle préoccupation ? Parce que, pour les entreprises, l'économie est ces dernières années devenue turbulente, elle a changé de braquet. L'auteur parle joliment d'une "économie de tohu-bohu". Il fallait de un à deux ans dans les années 1980 pour réaliser une étude marketing, aujourd'hui le maximum toléré, si l'on veut un document vraiment fiable et utile, est de deux mois.

Alors il faut bien changer d'outils et de méthodes. C'est loin d'être un mal : les pesantes et longues études marketing du passé, et d'hier, avaient trop tendance à enterrer les produits... **G.Mo.**

Maurice Reyne
Le développement de l'entreprise par la veille technologique

Hermes, 64 p., 85 F.

Quelques exemples d'entreprises, voire d'industries entières qui ont raté des technologies vitales ayant pourtant montré le bout de leur nez, illustrent d'emblée l'importance du sujet.

Cinq mini-chapitres précisent ensuite comment maîtriser, gérer et protéger l'information, comment on peut organiser sa propre veille

technologique et quels sont les clignotants à observer qui manifestent que les techniques sont en train d'évoluer.

Par exemple, en s'assurant que l'on n'est pas l'objet d'écoutes téléphoniques (mais oui, cela existe et est fréquent), et en sachant que la concurrence, comme un iceberg, ne montre qu'une part infime de sa puissance mais que l'on a parfaitement les moyens, le plus légalement du monde, de découvrir ses procédés, sa gestion et sa stratégie cachés.

Et puis quelques pages concrètes, ramassées, pratiques sur la méthodologie de la prévision technologique et sur les conséquences, secteur par secteur, des évolutions techniques qui sont déjà en cours, au vu et au su de chacun, et qui vont modifier toutes les industries, mais devant lesquelles nous restons étrangement aveugles.

Enfin deux pages, deux seulement, sur la "systématique", c'est-à-dire l'art de penser à la japonaise, en inversant la manière habituelle de raisonner, en partant de la finalité et non des procédures.

Voici soixante-quatre petites pages — liste des adresses utiles incluse — que tout responsable ou cadre d'entreprise doit lire. On n'y perd certes pas son temps. On s'y enrichit l'esprit.

Et la clarté règne soudain sur un domaine jusqu'ici plongé dans l'obscurantisme, le flou et l'hermétisme — sinon le charlatanisme. C'est que l'auteur parle d'expérience, de celle qui permet la synthèse : directeur à la CEGOS, il l'a forgée par la visite de plus de mille établissements industriels français et étrangers. **G.Mo.**

Jacqueline et Albert Ducros

L'évolution et l'homme

Nathan, ill., 232 p., 198 F.

Les lecteurs de *Science & Vie* n'apprendront sans doute pas de faits fondamentaux nouveaux sur ce sujet, qui a été traité maintes fois dans nos pages, et sous ses aspects les plus divers.

Toutefois, ils trouveront là une synthèse claire, compétente et complète (mieux encore, agréable) de ce qu'il faut savoir sur la manière dont les trois millions d'années d'histoire de l'hominisation s'insèrent dans les dix milliards d'années de l'histoire de la Terre.

Car c'est bien là le thème du livre, très bien exprimé dans le titre. La préface d'Yves Coppens cautionne le tout.

Les auteurs ne s'engagent pas dans les querelles actuelles sur le mode d'évolution des espèces. Des exemples présentés en encadrés illustrent leur sujet de manière anecdotique utile.

Exemples : 37 % des hommes et 29 % des femmes ne sont pas sensibles à l'odeur de la sueur et, contrairement à ce qu'on croit souvent, les femmes enceintes n'ont pas l'odorat plus sensible. Et encore : les vestiges, infiniment utiles pour l'anthropologie, de l'Homme de Pékin, ont disparu pendant la dernière guerre et ne restent connus que par des moulages. **G.M.** ▲

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



PHOTO - VIDEO

Des boîtiers étanches pour prises de vue sous-marine

Offshore Systems, entreprise de Toulon, propose trois caissons étanches, chacun adapté à une utilisation particulière. L'Aquatica 4 (18 900 F), destiné au Nikon F4, permet la photographie sous-marine avec des optiques comprises entre 15 et 105 mm. L'AV 55 (9 700 F) autorise les prises de vues en 8 mm avec un camescope Sony CCD TR55, et l'AV 900 (16 300 F) est un boîtier dédié au camescope 8 mm Hi-Band Sony CCD V900. Ces boîtiers sont en fonte d'aluminium moulée, résistant parfaitement aux pressions des grandes profondeurs. Sony propose un produit similaire (Marine Pack MPK-TR), mais en ABS renforcé. Toujours pour cette gamme de mini-camescopes, le Sony Sports Pack SPK-TR permet d'immerger un appareil jusqu'à 2 m de profondeur ; c'est suffisant pour protéger un camescope sur la plage, à la piscine ou aux sports d'hiver.

VIDEO

Un magnétoscope VHS sans frontière

La firme japonaise JVC propose, sous la référence HR-D637 MS, un magnétoscope VHS doté d'un syntoniseur multisystèmes qui le rend compatible avec tout standard de télédiffusion dans le monde. L'appareil peut, en effet, enregistrer et lire indifféremment des bandes en PAL, SECAM, MESECAM, NTSC 3,58 et NTSC 4,43. Un convertisseur, également multisystèmes (G, I, K, L, M), permet de visionner les bandes sur n'importe quel type de téléviseur. L'appareil dispose, par ailleurs, d'une commande numérique (Digital AV Tracking) qui réajuste automatiquement l'alignement des têtes afin de compenser toute variation dans les signaux audio et vidéo. Ce système s'avère efficace surtout avec des cassettes de location, dont les conditions techniques de lecture sont assez variables.

Les autres caractéristiques sont les suivantes : recherche indexée pour localiser tout programme (jusqu'à 99), lecture accélérée du début de chaque programme, fonction de verrouillage, commutation automatique entre 110 V et 240 V pour un fonctionnement sur le secteur. L'appareil est livré avec une télécommande programmable à affichage par cristaux liquides pour télévision et magnétoscope. Prix : 6 500 F environ.





PHOTO

Le compact 24 x 36 change de lignes

Déjà utilisée pour des camescopes compacts, la forme plate, qui fait ressembler ces matériels de prise de vue à des jumelles, vient d'être adoptée pour un appareil photo 24 x 36, le Fuji FZ-3000 Zoom. Selon le fabricant, le confort d'utilisation s'en trouve amélioré. Ce qui est certain, c'est que cette forme facilite l'intégration d'un zoom relativement long (38-115 mm au cas particulier) et d'un flash électronique.

Le Fuji FZ-3000 est un modèle perfectionné doté d'un maximum de possibilités : le zoom, du type macro (pour photo rapprochée), est à commande électrique et com-



porte trois focales préréglées pouvant être obtenues automatiquement (38, 70 et 115 mm) ; le viseur, non reflex, est à focale variable et comporte une correction de parallaxe ; le flash incorporé est à réglage automatique ou manuel, y compris en “macro”. Un second flash, plus puissant, est utilisable (nombre-guide 22 pour 100 ISO).

L'appareil est encore doté d'un moteur d'entraînement, d'un réglage dioptrique de l'oculaire, de la mise au point automatique, de vitesses de 1 à 1/350 s, du prébobinage de la pellicule (celle-ci réintègre donc le chargeur au fur et à mesure des prises de vues, ce qui met les photos impressionnées à l'abri de tout risque de voile en cas d'ouverture accidentelle du boîtier).

Enfin, le Fuji FZ-3000 Zoom est doté d'un écran à cristaux liquides donnant diverses informations : numéro de vue, contrôle de la pile, focale en service, charge du flash, retardement, correction contre-jour...



VIDEO

Des camescopes compacts améliorés par une poignée

Commercialisés par Fuji, les camescopes Sony, TR 45 et TR 75, prennent le nom de Fujix-8 P660 et Fujix-8 M690. Mais Fuji ne se contente pas d'apposer son nom sur des modèles alliant une qualité d'image et de son à une miniaturisation extrême. La firme japonaise propose une poignée qui, loin d'être un gadget, assure trois fonctions. Lors de l'enregistrement, elle offre la stabilité nécessaire à des appareils légers ; la tenue en main est alors semblable à celle d'une petite caméra super 8, et une sécurité de déclenchement évite les enregistrements involontaires. En position repliée, cette poignée sert au transport de l'appareil. Enfin, deux bras coulissants la transforment en trépied. Le Fujix-8 P660 est doté d'un zoom 6 x, d'un capteur comptant 320 000 points-image et d'une mémoire de titre. Le Fujix-8 M890 possède un zoom 8 x, un capteur de 470 000 points-image, un son haute-fidélité stéréophonique et un dispositif pour fondu.

PHOTO

Un objectif Hasselblad adapté au portrait

La gamme des objectifs pour les appareils Hasselblad de format 6 x 6, compte désormais un petit téléobjectif de 180 mm (Sonnar CF 4/180 mm), convenant notamment à la photo de détails et au portrait (la focale est en effet d'un peu plus du double de la focale normale, 80 mm, ce qui assure un rendu du visage sans déformation).

Construit par Zeiss, cet objectif est équipé d'un obturateur central (d'une seconde à 1/500 seconde) pouvant être mis hors de fonction ; c'est alors l'obturateur à rideau de l'appareil qui prend le relais. Très compact, ce Sonnar mesure 125 mm de long et pèse 1 050 g.

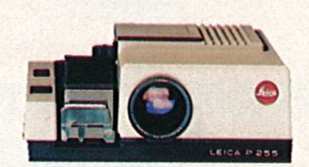


PHOTO

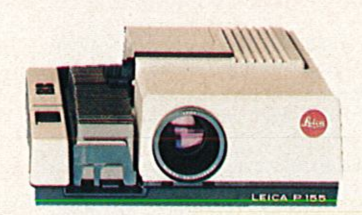
Peau neuve pour les projecteurs Leica

Depuis des décennies, les projecteurs Leica pour diapositives connaissent un succès fondé sur la qualité des images qu'ils donnent sur l'écran.

La firme allemande propose, à prix plus modérés, une nouvelle gamme de modèles possédant des performances améliorées, les Leica P 150, 155 et 255. Le P 150 est l'appareil de base : doté d'un objectif nouveau, Hector-P2 2,8/85 mm, il a une mise au point automatique avec possibilité de correction par télécommande. Il accepte les paniers standard, LKM et CS, possède une visionneuse et peut recevoir, en option, une flèche lumineuse. Le modèle 155 est plus perfectionné, avec objectif Colorplan-P2 2,5/90 mm et flèche lumineuse incorporée à la commande à distance. Tous deux sont équipés d'une lampe halogène de 150 W et reçoivent des objectifs interchangeables. Le modèle 255 se différencie par une lampe de 250 W. Les P 155 et P 255 peuvent recevoir, en option, une lampe de lecture et une minuterie.









VIDEO

Télécommande universelle

Technics lance une télécommande sans fil SH-R500 dotée de 59 touches et destinée à remplacer les télécommandes de plusieurs appareils. Elle peut piloter un téléviseur, deux magnétoscopes, un lecteur vidéodisque, un magnétophone DAT, une platine cassette, une platine laser, un tuner et un boîtier de réseau câblé. Elle est programmable par mémorisation des codes infrarouges des télécommandes de chaque appareil, et ceux des marques Technics (audio), Panasonic, Thomson et Philips (vidéo) sont pré-programmés. Trois mémoires multifonctions permettent, avec une seule touche, la mise en marche simultanée de trois appareils. La Technics SH-R500 est dotée d'un écran à cristaux liquides. Prix : 990 F.

VIDEO

Une seule télécommande pour trois magnétoscopes

Sony propose deux camescopes 8 mm (CCD F450 et CCD F550) et un 8 mm Hi-Band (CCD V700). Tous trois possèdent un même capteur de 470 000 points-image et une sensibilité de 3 lux, ainsi qu'un zoom d'une même amplitude (8,5 à 68 mm) avec mise au point automatique en position macro. Cependant, le zoom du modèle Hi-8 ouvre à 1:1,4 tandis que les 8 mm se contentent d'une ouverture 1:1,6.

Le camescope CCD F450 comporte la mise au point, l'exposition et la balance des blancs automatiques débrayables, un obturateur à 6 vitesses (jusqu'au 1/4 000 de seconde), une correction contre-jour, une page d'incrustation de titre et un affichage des informations sur l'écran du téléviseur. Le modèle CCD F550 dispose du son stéréophonique haute-fidélité, de deux programmes d'exposition automatique (mode portrait et mode sport), d'une compensation automatique de contre-jour, d'effets spéciaux (arrêt, image par image et ralenti) et d'une seconde page de titre. Le CCD V700 propose deux autres programmes d'exposition (priorité à la vitesse ou priorité au diaphragme), un obturateur donnant le 1/10 000 de seconde. Les trois modèles sont livrés avec une même télécommande fonctionnant par faisceau infrarouge.

Duplicata de diapositive Kodachrome sans perte de qualité. Il était jusqu'ici impossible, sans faire appel à une technique coûteuse —, à savoir le tirage d'un contretype intermédiaire —, de réaliser un bon duplicata de diapositive, identique à l'original. L'opération se traduisait par une montée du contraste nuisible à la finesse du détail. Pour réduire cet inconvénient, Kodak lancera le mois prochain un film Ektachrome Duplicating type K adapté à la copie des diapositives Kodachrome et aux colorants identiques à ceux du Kodachrome. Les duplicata obtenus posséderont les mêmes tons que les originaux, et auront un contraste normal. L'Ektachrome Duplicating sera proposé en deux versions : type K 7121 (plan film pour copie du Kodachrome 120 de format 6 x 6 ou 6 x 9) et type K-8071 (pour format 24 x 36). Le traitement (type E6), de même que l'exposition, sont les mêmes que ceux de tous les Ektachrome.

PHOTO

Un 24 x 36 pour moins de 200 F

La firme japonaise Konica vient de lancer le compact 24 × 36 EFP-J, un appareil simple capable de donner des images satisfaisantes par beau temps ou ciel légèrement couvert. Un flash électronique incorporé permet la prise de vue en intérieur. Le boîtier ne comporte aucun réglage, les photos pouvant être prises depuis 1,20 m grâce à un objectif de 35 mm ouvert à 1:8. Pesant 138 g, coûtant moins de 200 F, le Konica EFP-J se caractérise encore par une finition soignée.



ENERGIE

Des piles à 0,025 % de mercure

Les piles classiques au mercure, très utilisées dans les appareils photo et audio, sont hautement polluantes. Aussi la firme Duracell cherche-t-elle depuis quelques années à réduire le taux de ce métal lourd. Depuis 1985, celui-ci a diminué de 97 % et la nouvelle gamme que lance actuellement Duracell ne contient plus que 0,025 % de mercure. Ce qui représente une quantité inférieure de 6 fois à la norme européenne. Ces piles sont par ailleurs équipées d'un système évitant tout danger lors d'une inversion de polarité : lorsqu'une pile est placée à l'envers, la mise en marche est bloquée. De plus, la durée de vie est prolongée (quatre ans), de même que la durée d'utilisation (environ 3 heures).



VIDEO

Résolution de 700 000 points avec un camescope VHS

En lançant le camescope S-VHS Explorer VKR 9550, Philips propose le modèle amateur assurant actuellement l'une des meilleures qualités d'image. Cet appareil est doté d'un nouvel analyseur DTC de 700 000 cellules autorisant une définition d'image horizontale supérieure à 450 lignes (la plupart des camescopes S-VHS ou Hi-8 actuels sont dotés d'un capteur de 400 000 à 500 000 cellules).

L'Explorer VKR 9550 est un camescope haut de gamme : mise au point, balance des blancs et diaphragme sont automatiques mais débrayables, le zoom d'amplitude 8 est à vitesse variable, trois programmes d'exposition sont disponibles (normale, priorité à une profondeur de champ maximale, priorité à une haute vitesse d'obturation), et le son de haute-fidélité peut être réglé manuellement (deux vumètres aident à ce contrôle). Une mémoire de réglage préférentiel facilite la prise de vue. Une fonction "pleine image" permet d'obtenir avec une imprimante une photo vidéo de qualité. Enfin, il est possible de brancher un générateur de code temps (de type VITC), facilitant le montage à l'image près. Commercialisation début 1991.

PHOTO

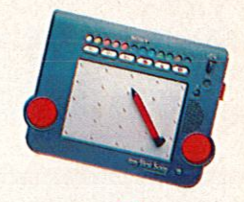
Cadrage automatique au zoom d'un sujet en mouvement

Conçu par Kyocera, le Zoomtec 90 Yashica est un compact 24 x 36 doté d'un flash automatique pouvant être déconnecté, d'un écran à cristaux liquides (compteur, mode de programme...), d'un dos dateur, d'un retardateur et d'un zoom électrique (3,5-7,8 de 38 à 90 mm). L'affichage automatique de la sensibilité se fait de 50 à 1 600 ISO, tandis que l'obturateur couvre une plage de 2 s à 1/300 de s. Mise au point et exposition sont automatiques et peuvent être mémorisées. La caractéristique du Zoomtec 90 réside dans son zoom motorisé : un mode "suivi du sujet" permet, en couplant cette motorisation à la mise au point automatique, de faire varier également automatiquement la focale en fonction du déplacement du sujet cadré. Celui-ci conserve donc une taille constante dans le viseur jusqu'au déclenchement.





1
LES TOUT-PETITS CUISTOTS
380 F le coffret,
dans les grandes surfaces



4
DESSINER À L'ÉCRAN
1 200 F,
revendeurs Sony et
grands magasins

2
MICRO-JEU À MICRO-CASSETTES
590 F, et 195 F
les logiciels,
grands magasins et
spécialistes du
jouet électronique

3
L'ANGLAIS AU RÉVEIL ET LA MUSIQUE DANS LE BAIN
445 F et 565 F,
Train Bleu,
Nouvelles Galeries
et grands magasins



LES OBJETS DE NOËL

1 La pâte à modeler non toxique a, certes, déjà servi dans nombre de petits jouets de moulage pour enfants. Le P'tit Cuistot, de Play Doh, apporte une originalité intéressante : il initie les enfants à partir de 3 ans à la pratique de la cuisine. Ce jeu comporte une cuisinère dotée d'un massicot non dangereux, de 26 accessoires aussi divers qu'un fil à trancher, un presse-tout, des moules, etc., ainsi que d'une nappe et de six pots de couleurs différentes. Il ne leur reste plus qu'à inviter leur parents à dîner !

2 Game Boy de Nintendo est une console avec écran couleur à cristaux liquides alimentée par des logiciels de jeu sur micro-cassettes (5,5 × 6,5 cm) et dotée d'un casque stéréo individuel (ainsi, tout le monde ne "profite" pas du son). On peut jouer au golf et au tennis comme avec les consoles plus grandes, mais aussi à un certain nombre d'autres jeux de type "aventure" ou "action". On peut jouer aussi à deux, puisque deux Game Boy peuvent être reliés par un câble vidéo adapté. La console se manœuvre des deux mains grâce à quatre touches : mise en marche, sélection (jeux, musique, déplacement dans quatre directions, tirs, etc.), niveau sonore, réglage du contraste. Malgré sa puissance élevée et son importante autonomie (de 15 heures environ), Game Boy tient vraiment dans la poche (14,5×9×3 cm). En option, un coffret de piles rechargeables environ 300 fois et un adaptateur secteur.

3 Le réveil "Robo 02" de Sanyo réveillera votre enfant en anglais avec un jovial "good morning", ou lui signifiera d'un "it's bed time" sans appel qu'il est l'heure d'aller se coucher (en tout six messages différents). En plus de donner l'heure (en anglais, of course) lorsque l'on appuie dessus, ce réveil joue de la musique et déclenche une alarme à l'heure souhaitée. Quant à la radio flottante "Robo RP3", du même fabricant, elle suivra votre petit jusque dans le bain. Il s'agit d'un vrai poste AM-FM étanche qui capte toutes les fréquences locales. Elle se met en marche sur simple pression d'une touche colorée. Enfin, grâce aux trois grosses touches du téléphone programmable "Robo 04", toujours de Sanyo, votre enfant apprendra vite sur laquelle il faut appuyer pour appeler son meilleur petit copain, sa grand-mère ou la voisine. Ce poste n'est pas encore homologué PTT.

4 La HB-A5000 de Sony est la tablette graphique de l'illustrateur vidéo en herbe. Chaque trait ou courbe tracé à l'aide du crayon sur la surface quadrillée se reproduit devant lui sur l'écran. Avec 12 touches couleurs et 28 symboles (ovales, cercles, triangles, etc.) qu'il sélectionne, l'enfant peut créer le dessin de son choix, décider d'élargir son trait (touche feutre) ou de peindre ses surfaces (touche pinceau). Il existe, bien sûr, une fonction gomme pour effacer les bavures... Enfin, la tablette émet des sons pour animer le jeu. Les "œuvres" réalisées peuvent être enregistrées sur cassette vidéo et conservées dans les archives familiales ! Fonctionne sur piles.

5 Hanimex propose un ensemble de reportage pour qui souhaite s'initier à la photographie. Il comprend un appareil compact (210 g) doté d'un objectif 34 mm à focale de 5.6 avec volet de protection et d'un flash électronique incorporé. La mise au point est fixe de 1,20 m à l'infini, l'obturateur est réglé au 1/125[e] de seconde. L'appareil accepte les films 24 × 36 de 100 à 400 ISO sans nécessiter de réglage manuel. Un fourre-tout, une pellicule et deux piles complètent l'équipement. Choisissez vos sujets...

5
GRAND REPORTER DÈS 8 ANS
259 F,
revendeurs Hanimex-Vivitar

6
UN CERF-VOLANT DE COMPÉTITION
700 à 1 000 F,
magasins de sports
et boutiques de surf





6 Fini les cerfs-volants en papier prolongés d'une ficelle décorée... Aujourd'hui, c'est un véritable sport. La société Spectra propose un modèle de compétition : 1,82 m d'envergure, 85 cm de haut, voile en nylon enduit anti-déchirures ou en toile marine type spinakker (voile fine placée à l'avant d'un bateau), plus légère et plus fragile. L'armature est en fibre d'époxy (dérivé de la fibre de verre) et la ficelle est en Spectra, fibre synthétique anti-infrarouge et anti-UV, résistante à l'humidité, mise au point par les fabricants du cerf-volant. L'ensemble encaisse des vents de force 6, ce qui le réserve à des utilisateurs aguerris !

7
UN FLIPPER DE TABLE
700 F environ,
grandes surfaces du jouet

7 Plus besoin d'aller au café pour jouer au "flipper". L'Astro-Shooter de Tomy en est une réduction à poser sur une table (48 × 29 × 28 cm). Tout y est : lumières clignotantes, effets sonores à volume variable, panneaux électroniques indiquant le score et les bonus, bille métallique propulsée par un lanceur, et touches sur les côtés. Astro-Shooter fonctionne sur secteur (220V, transformateur 9V/700 mA) et se démonte pour le transport.



Promener le chien, aller au théâtre, rendez-vous chez le dentiste, passer à la banque, etc. Ce sont les tâches successives que vous assignent les cartes "action" tirées au fur et à mesure que se déroule le jeu Parcotempo, et qui durent chacune un temps déterminé. Heureusement, parmi ces cartes, il y en a qui vous permettent d'acheter du temps de stationnement. A mesure que le jeu progresse, on avance ou recule l'aiguille du parcmètre (accessoire à monter). Malheureusement, il peut aussi vous arriver de tirer une interdiction de stationner, ou l'arrivée d'un policier. Un deuxième paquet de cartes (deuxième chance) corse le jeu en provoquant encore d'autres situations. Le gagnant de Parcotempo, qui se joue à quatre ou plus, est le premier qui totalise 200 minutes de courses diverses. 115 F, magasins de jouets.

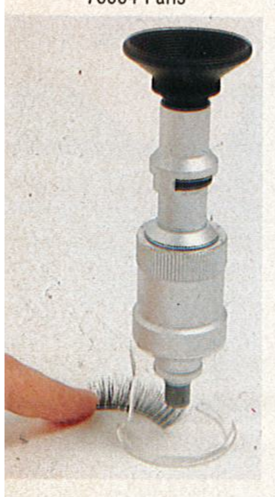


9
DES MOTS POUR JOUER
300 à 400 F,
grands magasins et hypermarchés

LES OBJETS DE NOËL

8 Peak est un petit microscope de 12 cm de hauteur qui, selon le modèle (et le prix), peut grossir 25, 50, 75 ou 100 fois l'objet examiné. Il est doté d'une bague de mise au point à ajustage micrométrique. Un réticule gradué, à l'intérieur de la chambre, permet de connaître la taille de chaque partie du champ de vision (pour le 100 x, l'écart entre deux graduations correspond à 0,005 mm). Une deuxième bague de réglage permet d'ajuster la vue de l'observateur à ce réticule, pour qu'il ait une vision nette de l'objet aussi bien que des graduations. Une œillère de caoutchouc noir, démontable, évite la réverbération de l'œil dans l'oculaire. Pour le modèle 100 x, le champ de vision (la portion d'objet observée) est de 0,8 mm ; la distance frontale (entre l'objet et l'objectif) est de 11,6 mm, ce qui permet d'observer des objets à forts reliefs (fragments de minéraux, petits insectes). Il s'agit d'un outil de qualité professionnelle destiné à la métallurgie, l'horlogerie, la micro-électronique, la gravure d'art, aux contrôles de qualité en mécanique de haute précision, etc. Mais il peut satisfaire l'amateur exigeant dans des domaines variés : mycologie (pour identifier des spores de champignon sur le terrain), photographie, entomologie, philatélie, numismatique, etc.

8
UN MICROSCOPE DANS LA POCHE
1090 à 1455 F,
selon le grossissement,
Maison de l'Astronomie,
rue de Rivoli,
75004 Paris



9 Qui ne connaît le Scrabble, célèbre jeu de lettres inventé par un Américain au chômage en 1931 ? Le "Scrabble Duplicate" en est une variante qui reprend les règles du tournoi. Comme avec le jeu traditionnel, il faut former des mots entrecroisés sur un plateau quadrillé. Mais chaque participant, cette fois, dispose d'une grille individuelle et du même jeu de lettres que ses concurrents (à chaque fois un joueur désigné comme arbitre tire les sept lettres et les autres prennent les mêmes) : il essaie d'obtenir le score le plus élevé en un temps limité de 2 à 4 minutes (chronomètre électronique fourni). Les autres règles du Scrabble restent inchangées. En éliminant le hasard, cette version rend le jeu beaucoup plus compétitif. "Vocabulon bilingue", quant à lui, peut vous faire faire des progrès en anglais (3 300 mots), tout en exerçant votre sens de la stratégie. Les connaissances seules, en effet, ne suffisent pas pour gagner. En lançant un dé, on avance sur un plateau à trois circuits concentriques. On y passe des cases-lettres impliquant de fabriquer des mots débutant par la lettre qu'elles portent. Mais comme on ne peut doubler le pion d'un autre joueur, il faut prévoir au bon moment (c'est-à-dire lorsque l'on tombe sur une case "vocabulon") de changer de circuit pour ne pas se trouver devant cette impossibilité. "Scattergories", pour sa part, met l'accent sur la rapidité. Deux à six joueurs doivent trouver en 1 à 3 minutes un maximum de 12 mots commençant par une lettre donnée. Celle-ci est indiquée par un dé à 20 faces, et le mot à trouver doit correspondre à un légume, un pays, une profession, ou à l'une quelconque des 850 catégories imposées par des séries de listes que l'on tire au hasard. On peut varier à l'infini cette version moderne du "jeu du bac".

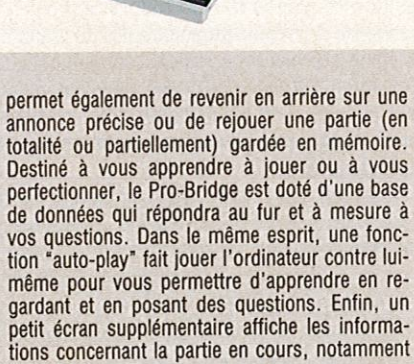
10 L'ordinateur Pro-Bridge, de Transecom, remplacera le manuel du parfait bridgeur (d'ailleurs il n'est pas plus grand qu'un livre : 22,5 × 22,5 cm × 4 cm). Ce jeu, le plus puissant existant actuellement (128 K), contient de nombreux programmes, au choix et selon le niveau de l'utilisateur. Il peut jouer avec cinq systèmes d'enchères (la "5e majeure", qui est le jeu français; le jeu américain, où la valeur attribuée aux couleurs est différente, etc.) et onze conventions d'enchères, au choix, selon le niveau de l'utilisateur. Dans son couvercle, quatre écrans à cristaux liquides présentent les "mains" des joueurs. On peut jouer seul contre la machine, à deux, trois ou quatre, l'appareil sert alors d'arbitre. Le Pro-Bridge bat les cartes, les distribue de manière aléatoire. Il se programme également selon les "paires" (ou équipes) spécifiques choisies (nord-sud/est-ouest) et calcule automatiquement le nombre de points obtenus. Il



10
UN PARTENAIRE DE BRIDGE ÉLECTRONIQUE
2 205 F.
Samaritaine,
1 rue de la Monnaie,
75001 Paris



11
UNE HORLOGE DANS UN GLOBE
1 900 F,
boutique de la Géode,
Cité des sciences
et de l'industrie,
75020 Paris



permet également de revenir en arrière sur une annonce précise ou de rejouer une partie (en totalité ou partiellement) gardée en mémoire. Destiné à vous apprendre à jouer ou à vous perfectionner, le Pro-Bridge est doté d'une base de données qui répondra au fur et à mesure à vos questions. Dans le même esprit, une fonction "auto-play" fait jouer l'ordinateur contre lui-même pour vous permettre d'apprendre en regardant et en posant des questions. Enfin, un petit écran supplémentaire affiche les informations concernant la partie en cours, notamment le score.

11 "Et pourtant, elle tourne", aurait dit l'astronome italien Galilée, en parlant de la Terre. C'est ce que fait cette "horloge de Galilée", globe présentant la géographie physique et politique de la planète, animé par un mécanisme interne à quartz. Présenté sur un socle et doté de deux anneaux équatoriaux gradués, il permet la lecture directe de l'heure en un point quelconque du monde. Eclairé de l'intérieur, il sépare distinctement les zones jour/nuit, en tenant compte du déplacement de la frontière entre les deux au fil de l'année. Il indique aussi, à chaque instant, le "point Soleil" (lieu de la Terre où le Soleil est au zénith). Ce globe effectue, normalement, un tour par 24 heures ; mais il peut aussi faire une heure en 9 secondes en vitesse accélérée. Il peut aussi se manœuvrer manuellement, ce qui permet, par exemple, de connaître le "point Soleil" d'un jour passé ou à venir. Hauteur : 40 cm ; diamètre : 30 cm. Fonctionne sur piles.

12 Assister à un concert, regarder un spectacle à l'opéra ou une pièce au théâtre tout en conservant les mains libres, c'est ce que permettent les jumelles-lunettes Magnatel. Avec leurs 74 grammes, elles se portent sur le nez comme une double paire de lunettes. Pour choisir le taux de grossissement (jusqu'à 30 x), on règle l'écartement entre ces deux paires de lentilles à l'aide de molettes situées sur chaque branche. On peut ainsi, jusqu'à un certain point, ajuster la netteté indépendamment pour chaque œil. ▲

12
LUNETTES DE SPECTACLE MAINS LIBRES
330 F,
Finish Line,
47, av. du Maréchal-Lyautey,
75016 Paris,



POUR QUI TRAVAILLE L'ABEILLE ?

(suite de la page 77)

stériles doivent être capables de reconnaître leurs vraies sœurs et de les soigner préférentiellement à leurs demi-sœurs. Ce qui ne simplifie certes pas la question. En effet, la capacité de discrimination des ouvrières entre vraies sœurs et demi-sœurs est la clé de l'affaire ; et on conçoit qu'elle intéresse les sociobiologistes. S'ils existent, les signaux de reconnaissance (chimiques ou autres) permettant une telle discrimination doivent être sous contrôle génétique puisque sœurs et demi-sœurs sont confrontées à un environnement identique dès leur conception (elles ne sont pas dans des endroits séparés de la ruche, et n'ont aucun signe distinctif acquis). Bien que l'idée d'une discrimination à base génétique ne plaise guère aux adversaires de la sociobiologie, les récentes recherches (de Vissher, puis de Frumhoff et Schneider), sur l'abeille domestique semblent bien montrer l'existence d'une préférence des ouvrières pour leurs vraies sœurs.

Le rôle de l'haplodiploïdie dans l'émergence de l'eusocialité chez les hyménoptères est donc très sujet à caution et reste à éclaircir. L'hypothèse plus générale de la sélection de parentèle, quant à elle, demeure une interprétation tout à fait plausible — mais pas encore définitive — de l'évolution des sociétés d'insectes. L'issue est encore incertaine, n'en déplaise à certains protagonistes armés jusqu'aux dents de certitudes. **Anne Teyssèdre**

(1) Il existe des modifications plus contemporaines du comportement, dont l'exemple des poules domestiques est parmi les plus parlants. Avant leur domestication, leurs ancêtres sauvages volaient pour se déplacer, se procurer de la nourriture ou échapper à leurs prédateurs. Au bout de plusieurs siècles de domestication, abondamment nourries et protégées, elles ont désappris à voler en même temps que leur morphologie s'est transformée.

(2) Bien entendu, pour que l'espèce se perpétue, il faut qu'un caractère adaptatif soit transmis aux générations suivantes. Une chatte miaule dans les jambes de sa maîtresse pour que celle-ci lui serve sa pâtée. C'est là, certes, un comportement qui apporte un avantage "adaptatif" à nos félins domestiques. Mais si ladite chatte fait des petits dans la nature, il serait surprenant que les chatons, nés sauvages, fassent de même lorsqu'ils ont faim ! Ce sont uniquement les caractères adaptatifs à base génétique qui nous intéressent dans cet article.

LA DROGUE N'EST PAS DURE POUR TOUT LE MONDE

(suite de la page 36)

neuse depuis le début du siècle. En Thaïlande, les sommes consacrées à l'importation d'alcool sont à peu près équivalentes au montant des importations pétrolières.

Il en est de même pour le tabac, surtout depuis que les grandes firmes occidentales, voulant rattraper le manque à gagner provoqué par les campagnes antitabac, ont reporté tous leurs efforts en direction des pays du Tiers-Monde, là où la teneur en goudron et en nicotine des cigarettes n'est soumise à aucune réglementation. L'Organisation mondiale de la santé s'en est émue, affirmant que, si des mesures énergiques de prévention n'étaient pas prises immédiatement, ces pays connaîtraient les maladies liées au tabagisme avant même d'avoir pu endiguer les pathologies dues à la malnutrition.

Quant aux pays riches, s'ils combattent aussi fermement les drogues traditionnelles, c'est parce qu'ils sont convaincus que, tant que l'on cultivera la coca ou le pavot, ces plantes seront en grande partie détournées de leur utilisation habituelle et transformées en drogues dures, telles la cocaïne ou l'héroïne (le khat, qui n'est pas susceptible de traitement, ne rencontre pas la même hostilité).

Toutefois, l'éradication totale du pavot n'est guère envisageable car l'industrie pharmaceutique mondiale absorbe chaque année plusieurs milliers de tonnes de dérivés opiacés. Comment, dans ces conditions, empêcher le trafic ! L'Inde, par exemple, produit annuellement 800 tonnes d'opium licite... et 300 tonnes d'opium illicite. Pour la coca, les besoins annuels de l'industrie pharmaceutique s'élèvent à environ une tonne, mais la production clandestine se situe entre 400 et 600 tonnes. En Bolivie ou au Pérou, la quantité de coca consacrée aux usages traditionnels ne représente pas 10 % de la production totale de feuilles.

Supprimer la culture du pavot en Inde, celle de la coca en Bolivie et au Pérou ne résoudrait pas le problème, car on en produirait ailleurs. Déjà, des plantations de coca ont été installées en Amazonie, en Indonésie et dans les Philippines et pourraient l'être en Afrique, où la crise du cacao et du café pousse les agriculteurs à chercher des productions plus rentables. Le pavot apparaît aujourd'hui dans des pays où il était jusqu'ici inconnu : le Guatemala, la Colombie, le Kenya... En définitive, ce serait se tromper de cible que de faire des drogues traditionnelles l'objectif prioritaire de la lutte contre la toxicomanie. Les Indiens des Andes ne sont pas des trafiquants ; ils ne sont pas vraiment des drogués non plus. **Alain Labrousse**

A noter sur France-Culture, jeudi 13 décembre 1990 dans *Perspectives scientifiques* (19 h 30-20 h) : "Les drogues" avec le professeurs Gabriel Nahas, chercheur en toxicologie à l'INSERM Fernand Widal.

URSS : LE DÉSARMEMENT RENFORCE L'ARMÉE

(suite de la page 115)

premier bilan de la conversion, dressé à la fin de l'année dernière, est plus que décevant. Le programme d'équipement technologique destiné à la transformation des produits agricoles n'a pas été rempli. 23 machines seulement sur les 120 modèles prévus ont été réalisés, et 15 % seulement répondent aux cahiers des charges ! Le ministère de l'Industrie aéronautique a accusé un manque à gagner de 15,6 milliards de roubles (156 milliards de francs), parce qu'il n'a pas pu fabriquer les 3 040 machines de production alimentaires prévues par le plan. De plus, l'absurdité quasi caricaturale de certaines reconversions a commencé à faire sentir ses effets : la fabrique de vaisseaux spatiaux à laquelle on demandait de mettre en service une unité de production de saucisses n'a pu y parvenir. De la même façon, une usine électrotechnique de Leningrad, Krasny Vyborjets, a purement et simplement saboté une unité de fabrication de bouilloires électriques en invoquant que l'article était... "trop complexe" !

Aux multiples maux dont souffre l'industrie soviétique vient s'ajouter le problème des circuits de distribution. Produire est une chose et commercialiser une autre. Et les industriels du complexe militaire ont pour mission de fabriquer; ce qui suit ne les concerne pas. Habitués à recevoir leurs commandes de l'Etat, ils n'ont jamais entendu parler de marketing. Or, les voilà mis en demeure, pour la première fois, de chercher des clients, et, plus fort encore, des clients à l'étranger. Comment procéder, ils l'ignorent. On cite le cas d'un directeur d'usine qui s'est vu imposer de produire d'ici à 1995 un millier d'empaqueteuses. Bien qu'il en ait déjà fabriqué 90, il n'a encore pu jusqu'à présent trouver aucun acheteur !

L'exportation est encore plus problématique. C'est qu'il est vain de prétendre conquérir des clients étrangers alors qu'on est dans l'impossibilité de spécifier les caractéristiques de tel ou tel produit. A cet égard, le fameux "secret Défense" est, comme nous l'avons noté, le plus lourd de tous les handicaps. Loin d'être assoupli comme beaucoup l'espéraient, il vient au contraire d'être renforcé à la suite d'un énorme scandale dû à des provocations politiques provenant de certaines sphères de l'Etat soviétique liés aux opérations sur les devises avec l'étranger. En effet, le groupement industriel ANT spécialisé dans l'import-export s'est fait arrêter par la douane alors qu'il s'apprêtait à exporter vers la France (avec l'accord de personnages des plus hautes sphères de l'Etat) 12 chars T-72 du dernier modèle ! En fait, les responsables de l'Etat, qui étaient habitués à avoir le monopole des manipulations sur les devises, étaient marris de voir cette manne leur échapper, les groupements du style ANT ayant l'autorisation de commercer directement avec l'étranger, ce qui n'était pas le cas auparavant. Suite à cette affaire, des sanctions et des mesures ont, bien sûr, été prises. Dorénavant, aucun directeur d'une entreprise d'armement ne pourra exporter, fût-ce des presse-purée, sans en référer aux autorités compétentes du plus haut niveau. Ce qui n'est pas la meilleure manière de réagir rapidement aux sollicitations du marché extérieur !

On comprend, dans ces conditions très difficile, pourquoi deux ans après avoir été lancée la "conversion" est maintenant considérée comme un échec par l'entourage de Mikhaïl Gorbatchev, qui aimerait bien profiter de l'occasion pour "casser" le puissant complexe militaro-industriel.

Jean-René Germain

(1) Il n'est pas précisé de quels roubles il s'agit : de roubles "courants" ou de roubles "constants". De même, pour les conversions en francs, on peut choisir le cours du rouble "commercial" : 1,66 rouble = 1 dollar (soit 5 F environ), ou le cours du rouble "touristique" : 1 rouble = 10 F, ou encore le rouble "au noir" échangé sur la Place rouge plutôt entre 15 et 20 roubles pour 1 F. Nous avons choisi, pour les conversions en francs, le cours du rouble touristique, qui se rapproche du cours réel du rouble officiel. Le pourcentage de 15 % du budget de l'Etat soviétique résulte des évaluations américaines. Lors d'une rencontre officielle récemment organisée entre des représentants américains de la CIA et des économistes soviétiques, ces derniers ont corrigé les chiffres américains en évaluant la part du budget soviétique consacré à la défense à 25 %.
(2) Ces chiffres sont ceux que communiquent officiellement les autorités soviétiques.

AVEC L'HORMONE BST UNE VACHE EN VAUT DEUX

(suite de la page 64)

et surtout au progrès génétique, responsable sur le plan national de gains de rendements moyens annuels de 50 à 100 kg par vache ». Le débat n'est pas clos...

Les programmes de sélection génétique risquent d'ailleurs d'être faussés par l'introduction de la BST. Comment juger les performances d'animaux dont on ne saura pas si elles sont dues à une amélioration génétique ou à une injection frauduleuse d'hormone ? Celle-ci ne laissant aucune trace dans le sang, les contrôles seront quasiment impossibles. En outre, les vaches d'un troupeau n'étant pas toutes systématiquement traitées et les réponses variant fortement d'un individu à l'autre, le calcul d'un coefficient correcteur n'est pas envisageable. L'obstacle pourrait cependant être contourné en évaluant la production laitière des vaches uniquement sur les deux premiers mois de la lactation (donc avant la première injection de BST) et non sur la totalité de celle-ci. Mais les modèles de simulation sont encore à l'étude. M. Colleau, généticien à l'INRA, propose, lui, d'asseoir les programmes de sélection sur une population plus réduite — par conséquent plus facilement contrôlable — qui bénéficierait de techniques de reproduction ultrafines (transfert d'embryons, clônage...).

Les fromagers et les transformateurs regroupés au sein de la Fédération nationale de l'industrie du lait (FNIL) ne sont « pas hostiles à la BST, mais prudents ». Sur le plan technique, la BST ne modifie pas la composition fine du lait, ni son aptitude à la transformation, que ce soit en produits frais ou en fromages à pâte molle (Camembert) ou cuite (Emmenthal, Comté, Beaufort...). Les matières protéiques coagulables (caséines) sont identiques et leur capacité de coagulation reste inchangée. La composition fine en acides gras est la même. En outre, il n'a pas été constaté d'augmentation de l'activité lipasique, laquelle est due à des enzymes qui hydrolysent les graisses et donnent au lait un goût rance.

Peut-être le problème majeur est-il le plus immatériel : les industriels redoutent surtout que l'emploi de la BST dégrade l'image de marque du lait aux yeux des consommateurs. Daniel Bertot, ingénieur à l'Onilait, craint lui aussi une réaction négative de l'opinion « même si on démontre scientifiquement par A + B l'innocuité du lait provenant de vaches traitées à la BST ».

Une chute de la consommation aurait des effets désastreux pour l'ensemble de la filière, déjà durement concurrencée par les produits de substitution d'origine végétale, type jus de soja ou margarines. A part les produits frais, dont la consommation est en légère hausse, la demande de lait et de beurre diminue. Si bien qu'avant que la CEE prenne la décision d'autoriser ou d'interdire la BST en Europe, de nombreux professionnels demandent que des enquêtes "indépendantes" soient menées sur l'impact de la BST sur le grand public. Le spectre du boycott de la viande de veau est encore dans tous les esprits...

Justement, en France, l'Union fédérale des consommateurs a publié en janvier 1990, dans sa revue *Que choisir*, un article dont le titre se passe de commentaire : "Lait aux hormones ? Non merci !" Aux Etats-Unis mêmes, sept grandes chaînes de distribution ont fait savoir qu'elles n'achèteraient pas de lait provenant de troupeaux traités à la BST. Le Parlement européen, quant à lui, a proposé, dans sa séance du 25 mars 1988 consacrée à la BST, que les viandes et produits animaux portent une étiquette indiquant clairement tous les traitements utilisés.

Certes, toute innovation technologique suscite au départ une crainte qui finit généralement par se dissiper avec le temps. Mais le lait a une valeur symbolique au moins aussi importante que sa composition chimique ou ses propriétés diététiques. C'est le premier aliment du nouveau-né, celui qui remplace aussi le sein maternel. On peut penser qu'il faudra mettre au point de solides campagnes d'information pour convaincre le consommateur que le lait provenant de vaches traitées par une hormone — fabriquée de surcroît par des bactéries génétiquement modifiées — a les mêmes vertus que le lait traditionnel. Même si c'est vrai !

En France encore, de hauts responsables craignent carrément qu'un échec de la BST rejaillisse sur l'ensemble des applications futures du génie génétique en agriculture, qui seraient bien plus intéressantes. Ainsi la somatotropine porcine (PST), sur laquelle certains laboratoires travaillent, permet d'améliorer la croissance du porc à l'engrais, tout en réduisant l'épaisseur du gras dorsal ; d'où une baisse des risques de maladies cardio-vasculaires humaines et la production d'une viande maigre capable d'entrer dans la composition de menus allégés. Sans doute aurait-il été plus judicieux et moins risqué de commencer par la PST plutôt que par la BST, et on peut se demander si les firmes américaines, soucieuses de diffuser au plus vite le fruit de leurs coûteuses recherches, n'ont pas tout simplement enfourché le mauvais cheval.

L'agriculture moderne a su, au-delà de toutes les espérances, prouver sa capacité à produire. Son avenir aujourd'hui dépend davantage de la qualité de ses productions et de sa capacité à préserver l'environnement. N'est-ce pas sur ce terrain que les biotechnologies ont le plus grand rôle à jouer ?

Marc Mennessier

LA MALHEUREUSE HISTOIRE D'UNE MERVEILLE MÉDICALE

(suite de la page 57)

potentiel total de malades venu de ces centres et de ces hôpitaux et qui pourraient bénéficier de Medicyc serait compris entre 300 et 350 selon l'IGAS.

L'IGAS ne se pose même plus la question de savoir si Medicyc sera rentable : il ne le sera pas. Ce qu'on veut savoir, c'est s'il fonctionnera un jour. L'IGAS a posé une limite : si aucun malade n'a été traité le 30 juin 1991, il faudra non seulement refuser de nouveaux délais et de nouvelles dépenses, mais encore retirer définitivement l'autorisation, céder l'appareil et le bâtiment à l'Etat ou à un organisme public. Et si des malades sont traités, il faudra bien alors une structure de contrôle du fonctionnement (ne serait-ce que du fait des 23 MF annuels que l'Etat s'est engagé à payer pour le fonctionnement) et ouvrir Medicyc à l'ensemble du corps médical, aux médecins inspecteurs de la santé et aux praticiens-conseil du contrôle médical. Exactement ce que refusait Lalanne.

Hors de cette purge drastique, il n'y a plus qu'une solution : la fuite en avant, vers le projet EULIMA. Le rapport de l'IGAS n'en dit rien. C'est pourtant apparemment cette solution que s'apprête à choisir l'équipe de MM Demart et Mandrillon. Et dans laquelle ils embarquent déjà la Société d'économie mixte des Alpes-Maritimes, le Conseil général et la Direction générale de la santé.

Que fera donc l'appareil EULIMA ? il produira des particules de très hautes énergies (400 MeV) pour traiter les malades ne relevant plus de la proton- ou de la neutronthérapie. EULIMA, c'est la thérapie par ions, une thérapie supérieure. Car les ions combinent les qualités biologiques des neutrons et les qualités balistiques des protons. Si on arrache tous leurs électrons à des atomes de carbone, d'oxygène ou de néon, il se forme des ions légers de 14 à 20 fois plus lourds que les neutrons ou les protons. Du fait de leur masse, leur trajectoire est encore plus précise que celle des protons. Si précise même qu'on peut comparer leur action à celle de la chirurgie stéréotactique du cerveau (1). Et les doses d'énergie qu'ils délivrent aux tissus sont comparables à un super rayon X de haute énergie. Le Bevalac de l'université de Berkeley, en Californie, a été le premier, il y a dix ans, à produire de tels ions légers. Les résultats excellents ont encouragé les chercheurs à poursuivre. Et le gouvernement japonais va financer un grand synchrotron à double anneau pour la radiothérapie par ions légers.

Le projet européen a été lancé à l'initiative de Mandrillon. Comme on le voit, c'est un véritable esprit de pointe qui avait présidé à la conception de Medicyc ; ses déboires n'en infirment pas la valeur.

L'aventure EULIMA est magnifique, mais elle va coûter cher. Il y cinq ans, à Nice, lors d'une réunion scientifique de l'EORTC (*Europeen Organisation for Research and Treatements of Cancers*), on avait estimé qu'une irradiation par ions légers coûterait 70 000 F par malade (pour plusieurs séances de traitement). On tablait à l'époque sur 2 000 nouveaux malades susceptibles de pouvoir en bénéficier dans toute l'Europe. 140 MF seraient donc dépensés chaque année, rien que pour traiter des malades, et sans compter le reste du coût de fonctionnement, le personnel, l'entretien. C'est quand même bien plus que les 23 MF par an de Medicyc.

Le progrès médical n'a pas de prix, disait Edmond Hervé, mais il a un coût : ne conviendrait-il pas aujourd'hui que les coûts de Medicyc et d'EULIMA fussent pris en charge par des instances nationales pour assurer son avenir européen ?

Marguerite Tiberti
et Jean-Michel Bader

(1) Repérage goniométrique pour localiser très précisément la structure cérébrale à opérer.

PAS DE TECHNOLOGIE DANS LES CARTABLES

(suite de la page 131)

taient laissés pour compte ; l'EMT était fortement marginalisée, faute de références scientifiques, d'objectifs clairement définis, de moyens matériels, de légitimité institutionnelle. Pour être crédibles, de nombreux professeurs d'EMT avaient accentué le caractère matériel de leur enseignement et tenté de le raccrocher aux connaissances théoriques d'autres disciplines. Non convaincus de la nécessité de remplacer leur ancienne discipline par la technologie, ils continuent de l'enseigner.

La technologie resserre le champ d'investigation des programmes, précise les objectifs, apporte une dotation importante en matériel. Mais elle n'est pas très valorisante. Son enseignement, qui ne figure pas aux épreuves du brevet des collèges, reste spécifique au collège (et à l'école primaire), et ne se poursuit au lycée que par option. Le secrétariat d'Etat chargé de l'enseignement technique constate qu'elle peut être bien considérée dans certains établissements, et assimilée à du bricolage dans d'autres. Jusqu'à présent, peu de collèges possédaient des manuels de technologie. Le secrétariat d'Etat espère qu'ils y seront incités l'année prochaine par le ministère de l'Education nationale. Mais le peu d'empressement que manifestent les éditeurs scolaires pour conquérir ce marché est de mauvais augure... Bel exemple de cercle vicieux, car la pauvreté de choix et l'aspect peu engageant des manuels n'arrangeront certainement pas les choses.

Isabelle Bourdial

ON AVAIT OUBLIÉ LA FORCE D'AMPERE

(suite de la page 46)

conserve toute son efficacité dans la vie de tous les jours.

Si séduisante que soit cette synthèse de deux théories qui, l'une et l'autre, ont marqué leur temps, nous nous devons de signaler que la "renaissance" de la force longitudinale d'Ampère est loin de faire l'unanimité. Beaucoup de physiciens continuent de l'ignorer superbement ; d'autres se méfient, rechignant à toucher à quelque chose d'aussi "connu" que le courant électrique. Et même si, jusqu'à présent, aucune alternative convaincante n'a été proposée pour expliquer certains faits (câbles explosés, etc.), les tenants de l'électromagnétisme moderne restent persuadés qu'un jour ou l'autre saint Maxwell leur inspirera une réponse adaptée.

Sinon, si la force d'Ampère est une réalité... selon un récent article de *Physics Letters*, publié par les deux physiciens français déjà cités, l'une de ses conséquences serait de compromettre le succès des expériences de fusion thermonucléaire contrôlée ("l'énergie de l'avenir"), menées depuis plusieurs décennies. Pour obtenir la fusion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd, un des procédés, à l'œuvre dans d'énormes machines appelées Tokamak, consiste à créer un plasma extrêmement chaud et dense de noyaux chargés, maintenu par de très puissants champs magnétiques. Or, la force répulsive d'Ampère pourrait empêcher la stabilisation du plasma ! Ce serait là une conséquence pour le moins fâcheuse. Mais si la force d'Ampère existe, nul doute qu'on saura aussi en tirer profit... Affaire à suivre. **Hélène Guillemot**

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)

P. 2 : Denoyelle/Jerrican - A. et J. Six - DR - R. Sabatier ; p. 3 : Col. Viollet - A. Beinat - DR - F. Gohier/Jacana ; p. 22 : Metropolitan Museum of Art ; p. 26/27 : D. Richard/Sygma - J. Azel/Contact Press Images/Cosmos ; p. 28/29 : Doc. Bibliothèque du Muséum d'histoire naturelle/F. Perri - Bonnay/Rapho - A. Bonner/Gamma Liaison ; p. 31 : Doc. Biblio. du Mus. d'hist. nat./S. Perri - B. Hervieux/Sygma - Launois/Rapho ; p. 32 : Doc. Biblio. Mus. hist. nat/ P. Laffite ; p. 33. J. Burlot/Gamma - M. Vermes ; p. 35 : Doc Biblio. Mus. hist. nat./F. Perri - Manchete ; p. 36 : Doc. Bibliothèque interuniversitaire de pharmacie de Paris/F. Perri - H. Collart Odinetz/Sygma ; p. 39 : R. Viollet ; p. 41/42 : I. Correia ; p. 43 : Boyer/R. Viollet ; p. 44 : I. Correia ; p ; 45 : Boyer/R. Viollet ; p ; 49 : R. Sabatier ; p. 50/51 : H.P.Penel ; p. 53 : B. Bebert ; p. 54 : Almasy/Seigneury ; p. 55 : A. Meyer ; p. 57 : G. Varin/Thomson-CSF ; p. 58 : R. Sabatier ; p. 60/61 : I. Correia ; p. 63 : Beringuier/Jerrican ; p. 65 à 67 : P. Morin ; p. 68/69 : G. Bernaud-Viale/CNRS - Jacana - F. Pichod-Viale Medicet/CNRS ; p. 70 : F. Pichod-Viale Medicet/CNRS ; p. 72/73 : A et J. Six ; p. 74/75 : M. Giraud ; p. 77 : P. Lorne/Jacana - A. Teyssèdre ; p. 81 : Tapisserie de Bayeux avec l'autorisation spéciale de la Ville de Bayeux ; p. 83 : Bulloz - Bulloz "Ville de Paris, Musée du Petit Palais" ; p. 88/89 : A. Da Silva/P. Guignard & ass. ; p. 90/91 : C. Lacroix - Da Silva/Guignard & ass ; p. 92 à 99 : Da Silva/Guignard & ass. ; p. 101 : Renault-Maillac/REA ; p. 102 à 104 : G. Delpit-A. Meyer ; p. 106 : R. Sabatier ; p. 107 : Novosti ; p. 108 : A. Meyer - Novosti ; p. 109 : P. Bretagnolle ; p. 111 : A. Chtabel - I. Novikov - T. Zelentchenko/Krokodil ; p. 112 : TASS ; p. 113 : M. Toscas/Gal. 27 ; p. 115 : TASS ; p. 117/118 : A. Beinat ; p. 119 : N. Papamiltiades - DR ; p. 120 : DR - N. Papamiltiades ; p. 121 à 124 : DR ; p. 125 : Photothèque Douanes ; p. 128 : Sittler/REA ; p. 130/131 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 136/137/138/140/142 : Napo ; p. 143/145 : DR ; p. 147 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 148/149 : M. Roux-Saget ; p. 150 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 153 à 155 : M. Roux-Saget ; p. 164 à 167 : DR ; p. 168 à 171 : E. Malemanche - DR.

LA BATTERIE MILLE-FEUILLES

(suite de la page 104)

que pourraient poser de tels produits arsenicaux. Les industriels disposent malheureusement pour le moment de peu de solutions de rechange du côté de l'industrie chimique. Quant aux chercheurs en électrochimie, ils ne semblent pas passionnés par le problème. Selon Anne de Guibert, longtemps chargée de recherche à la CGE-Marcoussis, « les laboratoires se bousculaient pour travailler sur la cathode, mais il nous a fallu deux ans pour trouver une équipe de recherche sur l'électrolyte ». Il serait sans doute dommage que l'électrolyte, ou plus exactement l'interface anode-électrolyte, soit le maillon faible d'une chaîne qui possède par ailleurs de tels ressorts de puissance !

Si l'on peut penser que la chimie d'intercalation a de beaux jours devant elle dans ses applications électrochimiques, la compétition n'en est pas moins rude. Tous les autres procédés utilisés pour produire de l'énergie portable améliorent leurs performances, depuis les accumulateurs au nickel jusqu'aux bons vieux accumulateurs au plomb.

Bien sûr, les capacités en énergie massique des accumulateurs à intercalation font immédiatement penser aux applications du type "véhicules électriques". Cependant, dans l'état actuel des connaissances, on peut affirmer que la voiture électrique de demain ne sera probablement pas équipée de batteries à chimie d'intercalation : d'abord, pour des raisons économiques — le lithium est un matériau cher, environ 400 F/kg ; puis pour des raisons techniques — les besoins se chiffrent, non pas en centaines, mais en milliers de cycles de recharge — et, enfin, pour des raisons de sécurité — très réactif, le lithium en masse importante comporte des dangers potentiels.

En dehors des applications militaires et spatiales, pour lesquelles le prix n'est pas le premier critère, les accumulateurs à chimie d'intercalation devraient de toute façon profiter de la floraison des objets domestiques portables de grande consommation, téléphones, camescopes, etc. Les investissements importants des industriels japonais dans ce domaine de recherche sont révélateurs à cet égard. Les microordinateurs bénéficieront eux aussi de la chimie d'intercalation : ils comporteront probablement dans les années futures des micro-batteries, que cette nouvelle technologie permettra de réaliser... avec la taille d'un composant !

A notre insu, la chimie d'intercalation vient donc petit à petit prendre place au sein des objets de notre vie quotidienne : sous forme de batteries, bien sûr, mais aussi de systèmes d'affichage lumineux, de films obturateurs, réglables suivant le taux d'intercalation etc. Bref ! une branche prometteuse de la chimie. **Gérard Chevalier**

Le directeur de la publication : Paul DUPUY - Dépôt légal : n° 84007 - N° de Commission paritaire : 57284 du 15 décembre 1975 - Printed in France
Photocomposition : Ponsing Arts Graphiques F/67300 Schiltigheim - Photogravure et impression : Imp. Alsacienne Jean Didier F/67200 Strasbourg


Amsterdamer
MILD
Fraîcheur
MILD
Douceur
MILD
Tabac aromatique
MILD
Unique
MILD
MILD
Saveur
Hollandsche Rooktabak
AMSTERDAMER
AMSTERDAMER
MILD
MIDDEL SNEDE